الجمهورية العربية السورية

وزارة الكهرباء

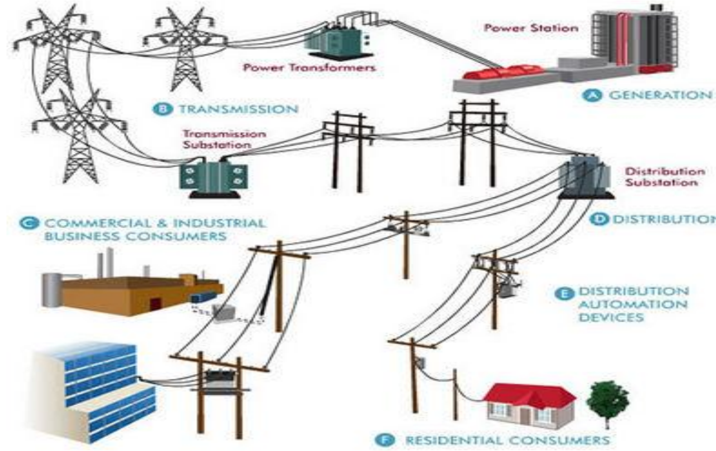
المؤسسة العامة لتوزيع و استثمار الطاقة الكهربائية

الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص

مديرية التخطيط و الإحصاء

مكتب التدريب

مراكز التحويل ٢٠ / ٠,٤ كيلو فولط



إعداد المهندسة بشرى كاسر عنقه

إشراف المهندس محمد قسوم السليمان

رئيس مكتب التدريب

م. هاني متري

مدير التخطيط و الإحصاء

م. علي المحمود

المدير العام

للشركة العامة لكهرباء محافظة حمص

المهندس مصلح الحسن

الفـــهـــرس

مقدّمـــــــــــــــــــــــــــــة

يتم تزويد الطاقة الكهربائية إلى المستخدمين في الجمهورية العربية السورية من خلال شبكة كهربائية عامة تمتد من محطات التوليد إلى أماكن تواجد هؤلاء المستخدمين مهما كان توزعهم الجغرافي. تتكون هذه الشبكة العامة من عدة مكونات وهي محطات التوليد التي تقوم بتحويل مختلف أشكال الطاقة إلى طاقة كهربائية، ومن محطات تحويل مختلفة بعضها يقوم برفع الجهد الكهربائي الذي تولده محطات التوليد إلى قيم عالية لنقله بأقل فاقد ممكن إلى أماكن تواجد المستخدمين، وبعضها الآخر يقوم بخفض الجهد إلى مستويات مناسبة للاستخدام، وتتكون الشبكة أيضاً من خطوط النقل التي تقوم بنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية ومن مراكز المراقبة والتحكم التي تقوم بمراقبة سير عمل مكونات هذه الشبكة وتقوم كذلك بفصل المكونات المعطوبة عن الشبكة لكي لا تتعرض للانهيار الكامل، ومن مكونات الشبكة أيضاً مراكز التحويل بالقرب من أماكن الاستهلاك أضف إلى ذلك العدادات التي تقوم بقياس كمية الطاقة التي تسري بين مكونات الشبكة والمستخدمين.

الهدف من البحث

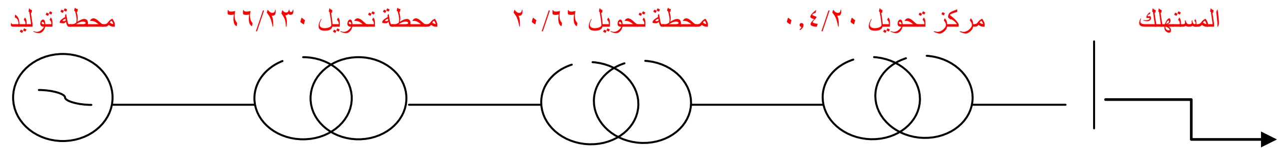
يهدف هذا البحث بشكل أساسي إلى تسليط الضوء على موضوع مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف والتي تأتي في المراحل النهائية ضمن المنظومة الكهربائية والتعرف على أجزائها ومكوناتها عن كثب ودورها في إيصال الطاقة الكهربائية للمستهلك ومعرفة كل ما يخص هذه المراكز من أعطال وصيانة وتأريض وتخفيض للفاقد، كما يهدف لإعداد وثيقة تدريبية يتخذها مكتب التدريب في الشركة العامة لكهرباء محافظة حمص مرجعاً لتدريب المهندسين والعمال على هذا الموضوع .

لكن قبل الولوج بصلب موضوع مراكز التحويل لابد من شرح موجز عن محطات التوليد ومحطات التحويل وصولاً لمراكز التحويل التي سيستفاض بالحديث عنها لاحقاً.

الفصل الأول

مكونات الشبكة الكهربائية وآلية توليد وتوزيع الكهرباء

١-١ مقدمــــة : يبين الشكل (١) مخطط جريان الحمولة من التوليد إلى المستهلك



الشكل (١) مخطط جريان الحمولة

يتم نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى المستخدمين في شتى مواقعهم من خلال شبكة كهربائية معقدة تحتوي على عدد كبير من محطات تحويل الجهد المختلفة ومن خطوط النقل التي تنقل الطاقة الكهربائية بمستويات جهد مختلفة لا يقل عددها عن أربعة مستويات وذلك حسب حجم الشبكة والتوزع الجغرافي للمستخدمين. ويوجد عند كل محطة توليد محطة تحويل رئيسة تقوم برفع الجهد الذي ينتجه المولد إلى جهد عالي تتحدد قيمته من طول خط النقل وكمية الطاقة المنقولة. إن الهدف من رفع الجهد الكهربائي عند نقل الطاقة الكهربائية هو تقليل كمية الطاقة المفقودة في خطوط النقل حيث أن كمية الفاقد تتناسب مع مربع التيار الذي تحمله هذه الخطوط ومن المعلوم أن رفع الجهد بنسبة معينة يقلل قيمة التيار بنفس النسبة على افتراض ثبات الاستطاعة المنقولة وعليه فإن كمية الفاقد ستتناسب عكسياً مع مربع الجهد. ويعتمد اختيار قيمة جهد النقل على المسافة بين محطة التوليد وأماكن التوزيع وكمية الطاقة المنقولة فكلما زادت المسافة وزادت كمية الطاقة كلما تطلب الأمر زيادة الجهد.

١-٢ سويّات التوتر في الشبكة الكهربائية : تقوم محطات توليد الطاقة الكهربائية بتوليد الطاقة عن طريق العنفات والتوربينات على التوتر ١٠-١٢ ك ف ثم تنقلها إلى محطات التحويل بعد عمليات رفع التوتر إلى ٢٣٠ ك.ف أو ٤٠٠ ك.ف وذلك منعاً لحدوث هبوط توتر بسبب المسافات البعيدة ولتقليل الضّياعات. تقوم محطات التحويل بتخفيض التوتر إلى توترات ٦٦ ك.ف توزع على محطات التحويل الأخرى ليُخفّض فيها التوتر إلى ٢٠ ك.ف ثم يوَزَّع على المستهلكين عن طريق مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك.ف الموجودة بالقرب من أماكن الاستهلاك.

١-٣ محطات التوليد وأنواعها : تقوم محطات التوليد الكهربائية بتحويل مختلف أشكال الطاقة إلى طاقة كهربائية، لذلك تصنف محطات التوليد حسب نوع مصدر الطاقة الخام المستخدم فيها أو بحسب الطريقة التي يتم بها تحويل الطاقة الخام إلى طاقة حركية.

تصنف محطات التوليد من حيث نوع الطاقة إلى :

- محطات كهروحرارية تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في الوقود كالفحم والبترول والغاز وكذلك في الأخشاب والمخلفات العضوية بعد تحويلها إلى طاقة حرارية
- محطات كهرومائية وكهروهوائية وتستخدم الطاقة الحركية المتوفرة في مياه الشلالات الطبيعية ومياه السدود ومياه المد والجزر، وفي الرياح.
- محطات كهروذرية وتستخدم طاقة الذرة التي تنتجها المفاعلات الذرية.
- محطات كهروشمسية وتستخدم الطاقة الحرارية أو الضوئية المتوفرة في ضوء الشمس
- محطات تستخدم حرارة باطن الأرض.

١-٤ محطات التحويل وأنواعها : تأتي محطات التحويل بعد محطات التوليد وتربط بينها وبين المستهلك وتقوم بدور التحويل والتوزيع ولها نوعان رئيسيان هما :

١-٤-١ محطات النقل: هي المحطات التي تقوم بتحويل توتر النظام الكهربائي من توتر عالي إلى توتر عالي آخر أو إلى توتر متوسط وهي إما أن تكون محطات رفع تكون غالباً مجاورة لمحطات التوليد، أو محطات خفض تمهيداً لتوزيعها على مراكز الاستهلاك. هذا وتقسم محطات النقل من حيث طبيعة وتصميم المحطة إلى قسمين هما :

١-٤-١-١ محطات النقل الخارجية : تكون جميع دارات التوتر العالي في الساحات الخارجية والعازل المحيط بها هو الهواء الخارج المحيط ، وأما دارات التوتر المتوسط فتكون داخل مباني خاصة بها والعازل المحيط هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى.

١-٤-١-٢ محطات النقل الداخلية : تكون جميع مكوناتها موجودة داخل مباني خاصة بها ، بحيث تكون معدات ودارات التوتر العالي موجودة ضمن أنابيب معدنية معزولة عن بعضها البعض باستخدام غاز سادس فلوريد الكبريت (SF6)، وأما دارات التوتر المتوسط فتكون في غرف مخصصة لها ومعزولة بالمطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى.

١-٤-٢ محطات التوزيع : تقسم إلى قسمين :

١-٤-٢-١ محطات التوزيع الرئيسة : تقوم بتحويل توتر شبكة التوزيع الرئيسة من توتر متوسط إلى توتر متوسط آخر ذو قيمة أقل و توجد مثل هذه المحطات ضمن محافظة حمص في محطة عين التنور لضخ المياه حيث توجد مضخات تعمل محركاتها الكهربائية بتوتر ٦ ك ف كما توجد مثل هذه المحطات في معمل إسمنت الرستن ، وتصنف حسب تصميم المحطة إلى محطات خارجيـة بحيث تكون جميع داراتها الرئيسة لكلا التوترين موجودة في الساحات الخارجية والوسط العازل هو الهواء الخارجي المحيط وأما معدات القياس والحماية فتكون داخل مباني خاصة، ومحطات داخليـة تكون جميع داراتها الرئيسة لكلا التوترين موجودة داخل مبنى خاص باستثناء محولات الاستطاعة ويكون الوسط العازل للمعدات هو المطاط الصناعي أو البلاستيك المقوى.

١-٤-٢-٢ محطات التوزيع الفرعية (مراكز التحويل) : تقوم بتحويل توتر شبكة التوزيع الرئيسة من توتر متوسط إلى توتر منخفض يتناسب مع توزيعها على الأحياء، وهي إما أن تكون محطات داخليـة يمكن تركيبها ضمن حاويات معدنية مجمعة ومجهزة لتوصيل الخطوط الكهربائية لها بحيث توضع على قواعد مصممة لها (مركز تحويل مسبق الصنع)، ويمكن تركيبها وتصميمها داخل مباني مخصصة، أو محطات خارجية.

الفصل الثاني

مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف

٢-١ تمهيد : نظراً لأن مراكز التحويل تأتي في المراحل النهائية لنظام الطاقة الكهربائية فيمكن تقسيم هذه المراكز إلى نوعين:

- **مراكز التوزيع الكهربائي:**

هي المراكز التي تخدم جزء من المنطقة أو الحي و تقوم بعملية المناورة بين خطوط التوتر المتوسط بحيث يمكن نقل الحمولات من خط لخط آخر عند حدوث عطل و كمثال على ذلك مركز التوزيع الموجود في شركة كهرباء حمص وليس بالضرورة أن توجد محولات في مثل هذه المراكز وهي من صنف المراكز الداخلية \ذات التركيب المغلق\.

- **مراكز التحويل الكهربائية:**

هي المراكز التي تخدم المستهلك مباشرة والتي يخفض التوتر المتوسط القادم إليها وبواسطة المحولات إلى توتر المستهلك المنخفض.
وهي إما مراكز مسبقة الصنع ضمن حاوية معدنية أو ضمن بناء خاص فوق الأرض أو تحت الأرض أو ضمن غرف في أقبية المباني أو هوائية تركب على أبرج معدنية.
يعمل طرف التوتر المتوسط في منظومة الكهرباء السورية على التوتر (٢٠ ك ف) أما طرف التوتر المنخفض يعمل على التوتر(٠,٤ ك ف).
تعتبر مراكز التحويل آخر مرحلة من مراحل تحويل التوتر لتغذية التجمعات السكانية والمنشآت الصناعية الصغيرة والقرى والمزارع التعاونية والخاصة وغيرها. تزوّد عادةً مراكز التحويل بمحولات استطاعة كهربائية (٠,٤/٢٠ ك ف) إفرادية أو مزدوجة.

٢-٢ تصنيف مراكز التحويل حسب أماكن تواجدها :

تُصنَّف مراكز التحويل حسب أماكن تواجدها إلى عدة أنواع منها :

٢-٢-١ مركز تحويل أرضي : وهو عبارة عن بناء متوسط الحجم مخصص لتوضّع التجهيزات الكهربائية (محولة – لوحة توزيع التوتر المنخفض – لوحة المكثفات – خلايا الوصول) ضمنه وبشروط محددة يستخدم عند التجمعات السكنية الكبيرة و في القرى و البلدات الكبيرة.

يبين الشكل (٢) مركز تحويل أرضي.



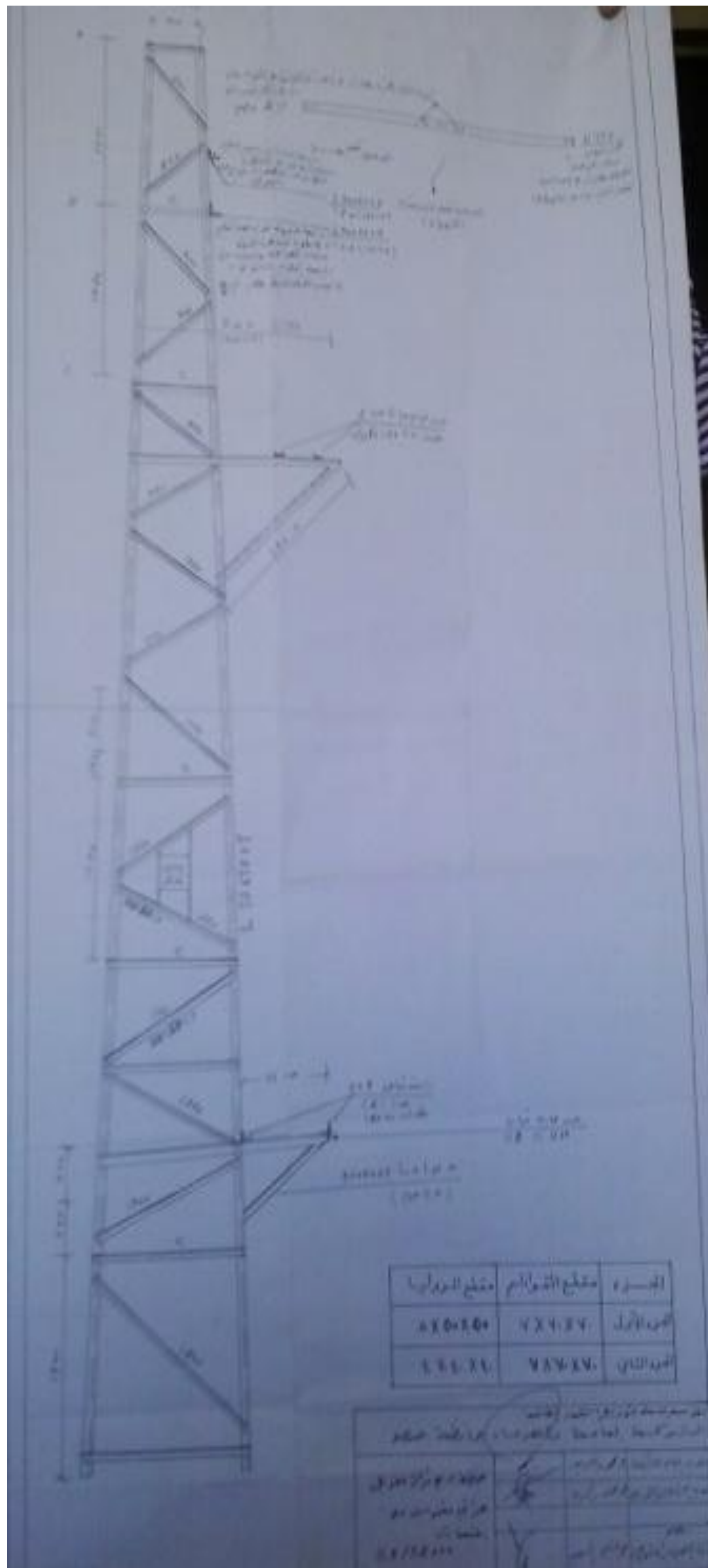
الشكل (٢) مركز تحويل أرضي

٢-٢-٢ مركز تحويل هوائي: ويوجد على برج حديدي كما في الشكل (٣)، ويزود بعدة استطاعات قدرها : (٢٥، ٥٠، ١٠٠، ٢٠٠) كيلووات ويمكن تزويده باستطاعة ٤٠٠ كيلووات ولكنه يحتاج عندها لتدعيم أكبر بالقضبان و يستخدم في القرى الصغيرة و على أطراف المدن.



الشكل (٣) مركز تحويل هوائي

يبين الشكل (٤) مخطط تصميمي لبرج هوائي يوضح الأبعاد والقياسات المطلوبة لتصميم البرج.



الشكل (٤) مخطط تصميمي لبرج هوائي

ويبين الجدول (١) أبعاد وقياسات البرج الهوائي وأبعاد حفريته في الأرض :

قوة البرج (نيوتن)	الارتفاع (م)	الوزن (كغ)	الطول (م)	العرض (م)	العمق (م)	حفرة قاعدة (م^3)	حفرة تأريض (م^3)	الحفرية الكلية (م^3)
برج المحولة	١١,٥	٩٠٠	٢,١٠	٢,١٠	١,٨٠	٧,٩٤	١٤,٤٠	٢٢,٣٤
١٦٠٠٠	١١,٥	٥٠٠	٢,٣٠	٢,٣٠	٢,١٠	١١,١١	٩,٦٠	٢٠,٧١
	١٣,٥	٦١٠	٢,٣٠	٢,٣٠	٢,١٠	١١,١١	٩,٦٠	٢٠,٧١
	١٦	٨٠٠	٢,٣٠	٢,٣٠	٢,٥٠	١٣,٢٣	٩,٦٠	٢٢,٨٣
٢٥٠٠٠	١١,٥	٦٠٠	٢,٦٠	٢,٦٠	٢,١٠	١٤,٢٠	٩,٦٠	٢٣,٨٠
	حامل للقاطع ١٢,٥	٩٠٠	٢,٦٠	٢,٦٠	٢,١٠	١٤,٢٠	٩,٦٠	٢٣,٨٠
	١٦	١٠٢٠	٢,٦٠	٢,٦٠	٢,٢٠	١٤,٨٧	٩,٦٠	٢٤,٤٧
٣٢٠٠٠	١١,٥	٦١٠	٢,٨٥	٢,٨٥	٢,١٠	١٧,٠٦	٩,٦٠	٢٦,٦٦
	١٣,٥	٩٠٠	٢,٨٥	٢,٨٥	٢,١٠	١٧,٠٦	٩,٦٠	٢٦,٦٦
	١٥	٩٠٠	٢,٨٥	٢,٨٥	٢,١٠	١٧,٠٦	٩,٦٠	٢٦,٦٧
٤٤٠٠٠	١١,٥	٧١٠	٣,٠٠	٣,٠٠	٢,١٠	١٨,٩٠	٩,٦٠	٢٨,٥٠
	١٣,٥	١١٧٠	٣,٠٠	٣,٠٠	٢,١٠	١٨,٩٠	٩,٦٠	٢٨,٥٠
	١٥	١١٧٠	٣,٠٠	٣,٠٠	٢,١٠	١٨,٩٠	٩,٦٠	٢٨,٥٠
٥٦٠٠٠	١١,٥	٨٢٠	٣,٢٥	٣,٢٥	٢,١٠	٢٢,١٨	٩,٦٠	٣١,٧٨
	١٣,٥	١٢٤٠	٣,٢٥	٣,٢٥	٢,١٠	٢٢,١٨	٩,٦٠	٣١,٧٨
	١٥	١٢٤٠	٣,٢٥	٣,٢٥	٢,١٠	٢٢,١٨	٩,٦٠	٣١,٧٨
	١١,٥	٤١٠	١,٩٠	١,٩٠	٢,٠٠	٧,٢٢	٩,٦٠	١٦,٨٢
١٠٠٠٠	١٣,٥	٥٨٠	١,٩٠	١,٩٠	٢,٠٠	٧,٢٢	٩,٦٠	١٦,٨٢
	١٥=١٥,٢	٦٤٠	١,٩٠	١,٩٠	٢,٣٠	٨,٣٠	٩,٦٠	١٧,٩٠
	١٦=١٧,٢	٧٤٠	٢,٠٠	٢,٠٠	٢,٥٠	١٠,٠٠	٩,٦٠	١٩,٦٠

الجدول (١) أبعاد البرج الهوائي

٢-٢-٣ مركز تحويل مسبق الصنع يضم المحولة وملحقاتها كما هو مبين في الشكل (٥).

٢-٢-٤ مركز تحويل ضمن البناء يوجد ضمن غرفة في قبو البناء مخصصة لتوضّع المحولة و ملحقاتها.

٢-٢-٥ مركز تحويل تحت الأرض تكون تجهيزاته موضوعة ضمن غرفة تحت الأرض.

علماً أن التجهيزات الكهربائية هي ذاتها في كل أنواع مراكز التحويل مع اختلاف الأحجام حسب نوع المركز.







الشكل (٥) مركز التحويل مسبق الصنع

٢-٣ تصنيف مراكز التحويل حسب المادة ١٣ من نظام الاستثمار تبعاً لطبيعة الاشتراك :

٢-٣-١ مركز التحويل العام : هو المركز الذي يتم منه تزويد المشتركين بالكهرباء بواسطة خطوط التوزيع بالتوتر المنخفض.

٢-٣-٢ مركز التحويل الخاص الإفرادي : هو المركز الذي يتم منه تزويد مشترك واحد بالكهرباء باستطاعة محددة تعاقد عليها و يركّب عداد المشترك الثلاثي ضمن مركز التحويل.

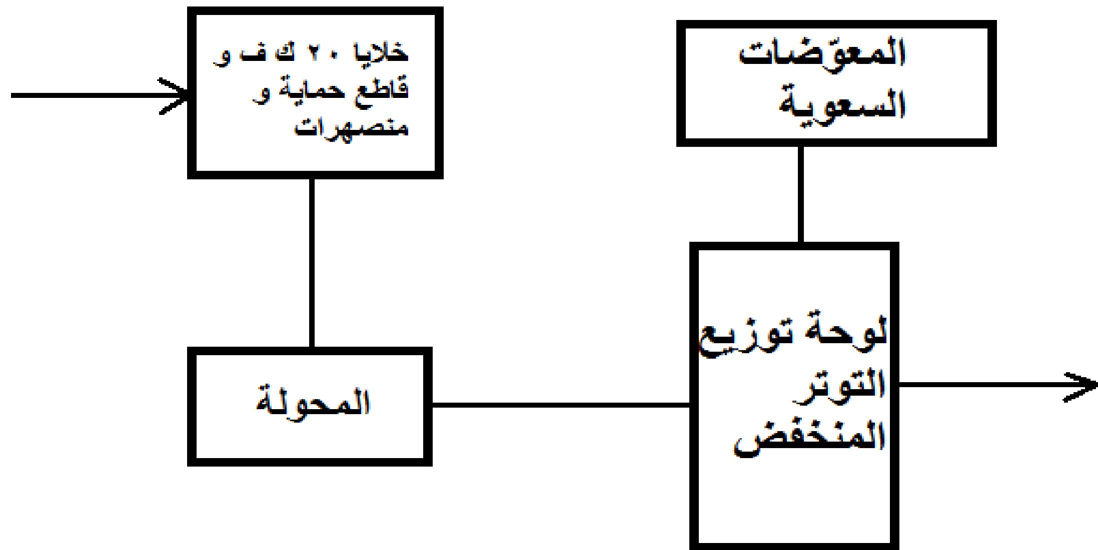
٢-٣-٣ مركز التحويل الخاص الجماعي : هو المركز الذي يتم منه تزويد عدد من المشتركين بالكهرباء باستطاعة محددة تعاقد عليها كل منهم على أن تركب أنظمة عد كهرباء المشتركين ضمن مركز التحويل و يركّب لكل مشترك عداد ثلاثي على المخارج الخاصة به (على لوحة التوزيع الخاصة به).

٢-٣-٤ مركز التحويل المشترك : هو المركز الذي يتم منه تزويد مشترك من المشتركين باستطاعة محددة من استطاعة المركز المتاحة(ويركّب العداد الثلاثي الخاص به ضمن مركز التحويل) وتزويد

مشتركين آخرين بباقي الاستطاعة بواسطة خطوط التوتر المنخفض المنبثقة عن هذا المركز الذي يعامل معاملة مركز التحويل العام في إطار الاستثمار.

٢-٣-٥ مركز التحويل المؤقت : هو المركز الذي يزود مشترك لتغذية ورشات عمل لإنشاء مشاريع أو منشآت تتطلب استطاعات كبيرة أثناء تنفيذها ولمدّة محدّدة.

يبين الشكل (٧) المخطط الصندوقي لمركز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف بشكل عام :



الشكل-٧- مخطط صندوقي لمركز تحويل

سيتم في هذا الفصل التعرف على مراكز التحويل الأرضية وشرح مكوناتها وآلية عمل تجهيزاتها الكهربائية ولدى الزيارة الميدانية لأحد هذه المراكز تبين أنه مركز تحويل كهربائي مغلق خافض للتوتر، يتكون من بناء متوسط الحجم ذو سقف منخفض تتوضع فيه المحولة الكهربائية والتجهيزات الكهربائية الأساسية والمساعدة لكل من التوترين المتوسط والمنخفض ويتم تغذيته عن طريق خط نقل كهربائي ٢٠ ك ف كما أنه يغذي المستهلكين بخطوط توزيع كهربائية ٠,٤ ك ف، وإلى جانبها خطوط تغذية إنارة الشوارع.

٢-٤ أجزاء مركز التحويل الأرضي : يتألف مركز التحويل عموماً من ثلاث حجرات هي :

٢-٤-١ حجرة خلايا الوصول (قسم ال ٢٠ ك ف)
٢-٤-٢ حجرة المحولة ولوحة المعوضات السعوية
٢-٤-٣حجرة قاطع التوتر المنخفض ولوحة توزيع المنخفض.

وفي ما يلي تفاصيل ومكونات كل حجرة

٢-٤-١ حجرة خلايا الوصول

هي أول حجرة تصل إليها خطوط ال ٢٠ ك ف من محطة ٢٠/٦٦ ك ف كما في الشكل (٨- أ) وتحتوي على خلايا الوصول (قواطع دخول وخروج وقواطع للمحولة) وهو الشكل القديم أما حالياً يتم استخدام الوحدات الحلقية ذات الغاز الخامل بحيث يكون للوحدة مدخل توتر وعدة مخارج وقاطع للمحولة ولهذه الوحدات قيم اسمية تناسب مستوى التوتر والتيار الذي ستعمل ضمنه. أما وحدة التغذية الحلقية فتحتوي على قواطع دخول وخروج ولكل منها تأريض. لكل قاطع وضعية تشغيل وفصل، كما في الشكل(٨-ب)، لا يحق لأي كان أن يفصل القاطع إلا إذا كان يملك تكليفاً بذلك لأنه يُمنع فصل خط ٢٠ ك ف بدون تصريح رسمي و ذلك لحماية العمال من التوتر المتوسط وأخطاره. تستخدم وحدات التغذية الحلقية بشكل أساسي لتحقيق المناورات في التغذية بين مراكز التحويل بحيث تتحقق استمرارية التغذية ما أمكن والتقليل من الإنقطاعات الكهربائية في شبكة التوتر المنخفض التي تغذيها مراكز التحويل.



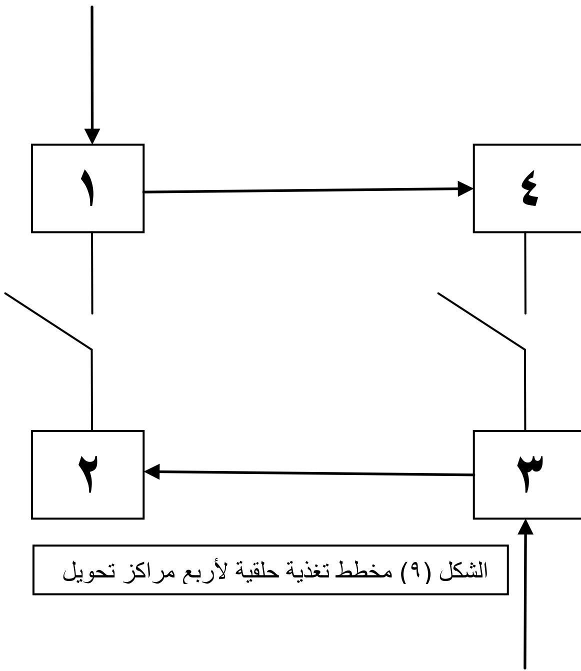
الشكل (٨- أ) حجرة خلايا الوصول



الشكل (٨- ب) قواطع المحولة

• مفهوم التغذية الحلقية :

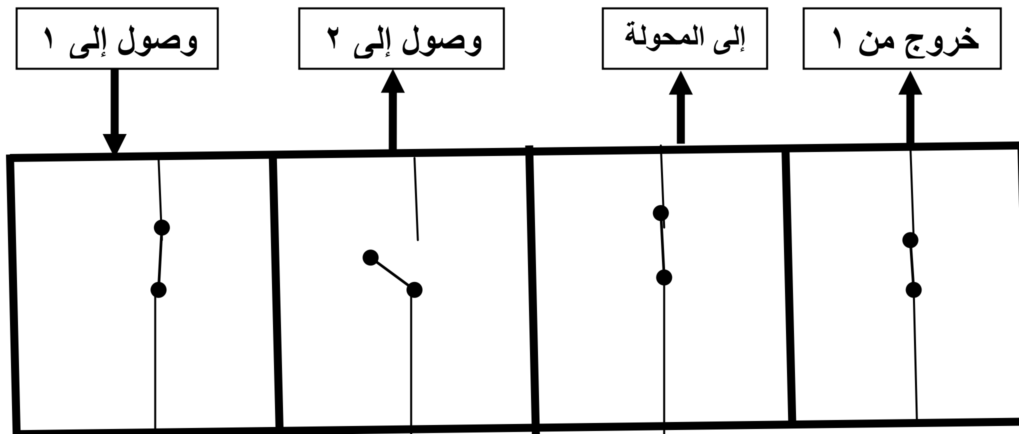
الحالة الطبيعية :



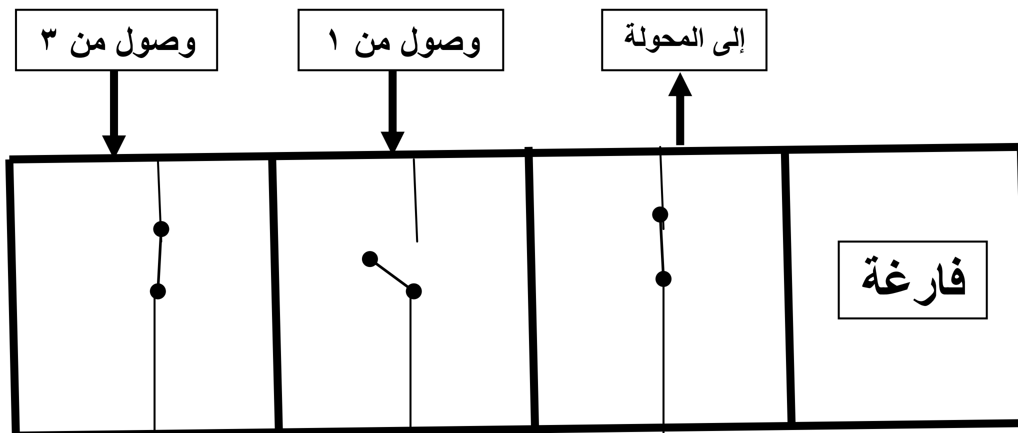
الشكل (٩) مخطط تغذية حلقية لأربع مراكز تحويل

يبين الشكل (٩) أربعة مراكز تحويل مرتبطة مع بعضها بوحدة تغذية حلقية، تغذى هذه المراكز من كل من المركزين (١) و(٣)، وفي كل مركز يوجد غرفة خلايا وصول وغرفة محولة وغرفة توزيع منخفض (بفرض أن المركز يحوي محولة واحدة) ففي هذه الحالة وانطلاقاً من المركز (١) الذي يحوي أربع خلايا (خليتي وصول وخلية خروج وخلية للمحولة) فإن مخطط جريان التغذية يكون كما في الشكل (١٠) :

خلايا المركز (١) :



خلايا المركز (٢) :

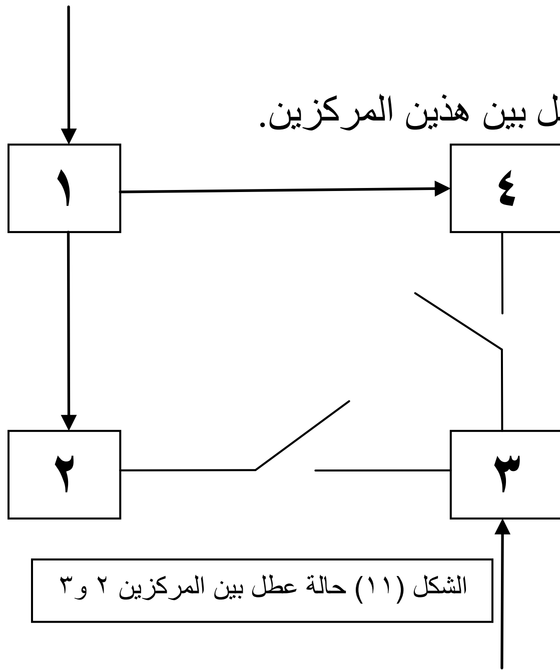


الشكل (١٠) جريان التغذية في الحالة الطبيعية

في حالة حدوث عطل بين المركزين (٢) و(٣) :

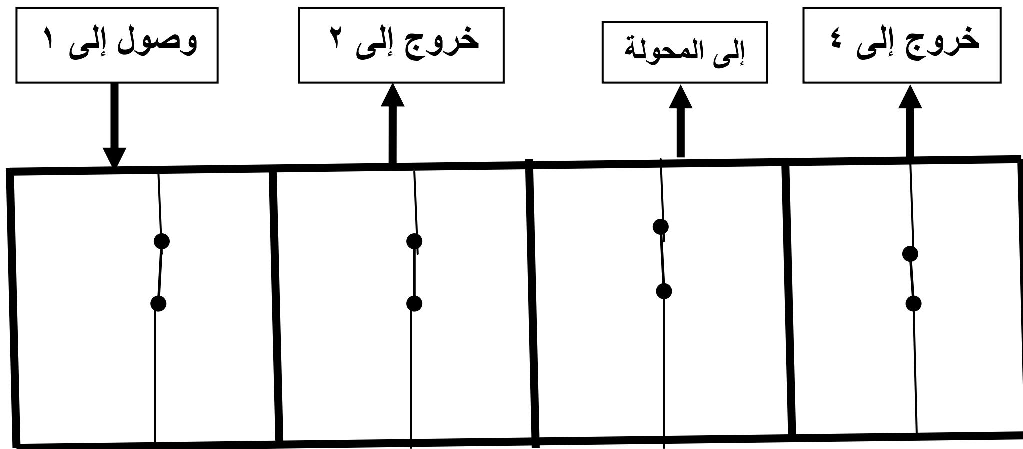
في هذه الحالة ستحدث التغذية الحلقية أو(المناورة) بسبب العطل بين هذين المركزين.

وتبين الأشكال (١١) و(١٢) هذه العملية.

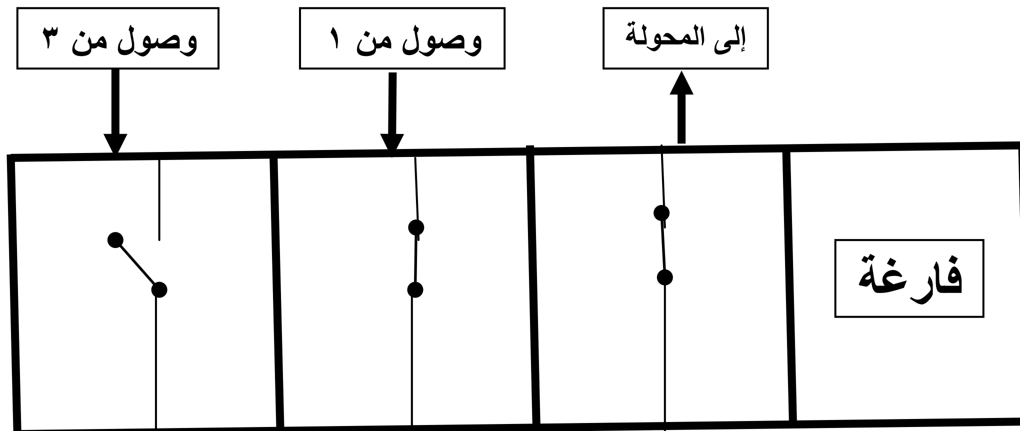


الشكل (١١) حالة عطل بين المركزين ٢ و٣

خلايا المركز (١) :



خلايا المركز (٢) :



الشكل (١٢) المناورة في حالة العطل بين المركزين ٢ و٣

• أجهزة القطع والحماية على توتر ٢٠ ك ف :

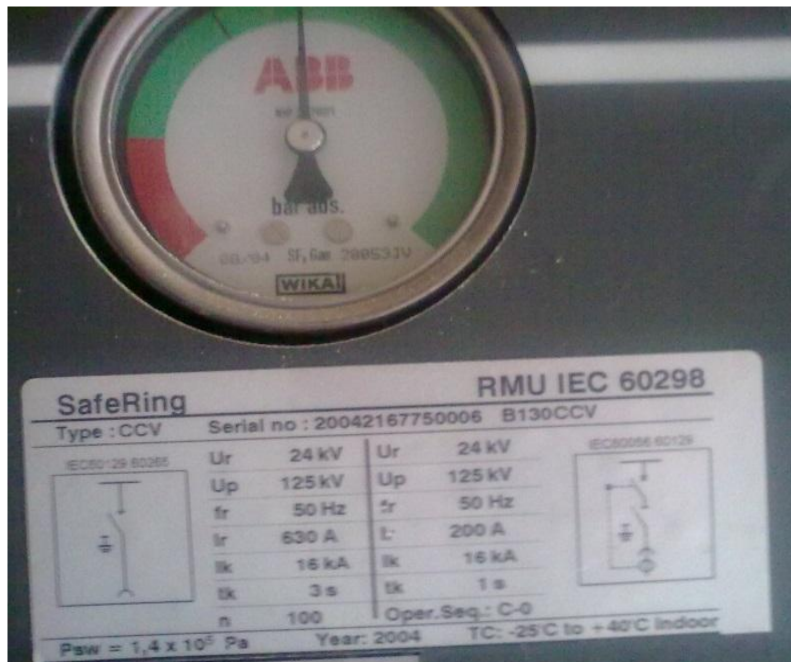
تؤمن تجهيزات القطع إمكانية العزل والوصل لعناصر الشبكة ضمن الحالات الآتية :

- وضع التجهيزات خارج التوتر لصيانتها.
- تعديل شروط عمل التجهيزات في الخدمة النظامية.
- في حالة الأعطال (دارة قصر – زيادة الحمل) لعزل الجزء المصاب عن الشبكة.

تصنف أجهزة القطع إلى :

- قاطع سكين : جهاز بسيط يستعمل لعزل جزء الشبكة عندما لا يمر فيها تيار، لإجراء الصيانة وهذا القاطع غير مجهز بنظام إطفاء قوس كهربائي، يفتح بعد القواطع الآلية و يُمنع فتحه تحت الحمل.
- قاطع الحمل الآلي : يسمح هذا القاطع بإجراء مناورات التغذية كما يقوم بالحماية من التيارات الزائدة و تيارات القصر ولا يستخدم أثناء دارة القصر.

  ملاحظة : يتم تركيب كل من قاطع السكين و قاطع الحمل الآلي ضمن حجرة التوتر المتوسط.
- قواطع غاز SF6 : بسبب الخواص التي يتمتع بها هذا الغاز من حيث توتر انهيار يتجاوز ثلاثة أضعاف الهواء، يتم تخزينه في خزانات عازلة للرطوبة بشكل مستمر تحت ضغط ١٦ بار وبسبب العازلية العالية للغاز يسهل إنقاص حجم القواطع بشكل ظاهر ويوجد ساعة أو جهاز لقياس ضغط هذا الغاز في خلايا الوصول، عندما ينخفض ضغط الغاز فهذا مؤشر على نفاذ الغاز وهذه هي مشكلة القواطع الغازية إذ لا نستطيع تعبئة الغاز وعندها تكون التجهيزات للتلف حتماً و يبين الشكل (١٣) ساعة قياس ضغط الغاز في القاطع الغازي.



الشكل (١٣) ساعة قياس ضغط الغاز في القاطع الغازي

- **علب وصل النهايات :**

تؤمن علب وصل النهايات العازلية بين نقاط الترابط لمنع انفراغ التوتر وضمان مرور التيار ضمن الناقل ولها ثلاثة أنواع :

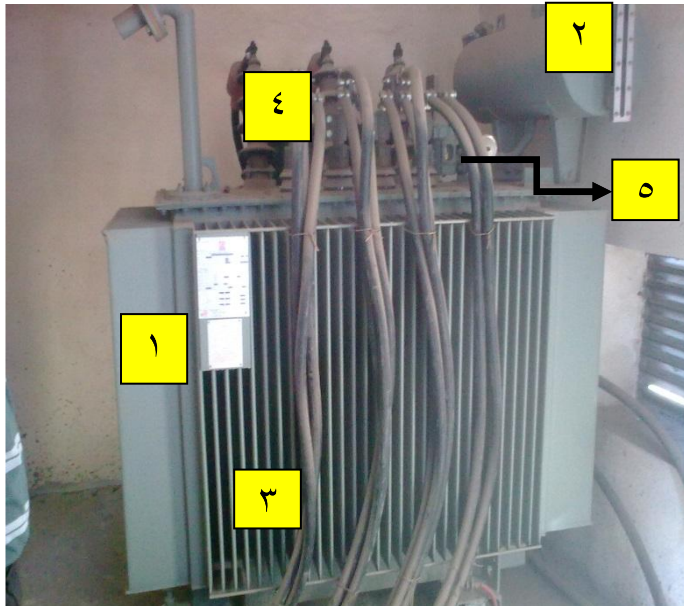
- داخلية : ذات مقاومة صغيرة للظروف الجوية.
- خارجية : تستخدم في البرج الهوائي، مقاومتها للظروف الجوية أكبر من سابقتها .
- داخلية كوع : تستخدم في وحدات التغذية الحلقية ومراكز التحويل مسبقة الصنع، ويبين الشكل (١٤) علب وصل النهايات في مركز تحويل أرضي.



الشكل (١٤) علب وصل النهايات

٢-٤-٢ حجرة المحولة

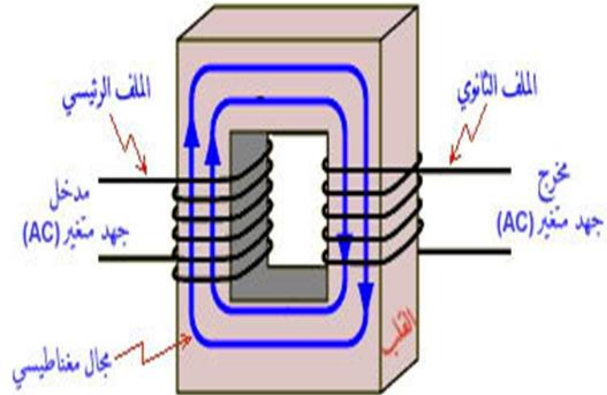
تعرف المحولة الكهربائية بأنها جهاز كهرومغناطيسي ستاتيكي مهمته تغيير التوتر من قيمته (في الدارة الأولية) إلى قيمة أخرى في (الدارة الثانوية). مكونات المحولات : تتألف المحولة من مواد فعالة مثل النواة المغناطيسية والملفات وهي التي تشارك في العمليات الكهرومغناطيسية في المحولة (أولية تربط إلى الشبكة المغذية، وثانوية تربط إلى الحمل)، وتتألف أيضاً من مواد إنشائية تتعلق بالتبريد، كما في الشكل(١٥):



الشكل (١٥) مكونات المحولة

١- خزان هيكل خارجي
٢- خزان تمدد زيت
٣- مشعّات أنبوبية
٤- عوازل عبور
٥- حماية بوخولز
٦- حماية حرارية
٧- قرص عيار جهد الخرج

النواة المغناطيسية :هي العنصر الأهم ميكانيكياً وتصميمياً من بين عناصر المحولة، وتمتاز المحولة ذات التصميم الجيد للدارة المغناطيسية بتيار لا حمل صغير وضياعات منخفضة واقتصادية في الاستثمار بغية التخفيف من الضياعات في المحولة. تشكل النواة المغناطيسية للمحولة دارة مغناطيسية مغلقة وتتألف من قضبان مجمّعة من صفائح رقيقة ومعزولة عن بعضها، ومن جسور مجمّعة من صفائح رقيقة ومعزولة تصل بين القضبان. والشكل (١٦) يبين مبدأ عمل المحول أحادي الطور.



الشكل (١٦) مكونات المحولة مغناطيسياً

الملفات : الملف هو مجموعة اللفات التي تشكل الدارة الكهربائية ويتكون من أسلاك ذات مقاطع مستطيلة أودائرية مغطاة بعوازل ملفوفة بأشكال تختلف حسب الاستطاعة والتوتر وشكل ونوع المحولة.

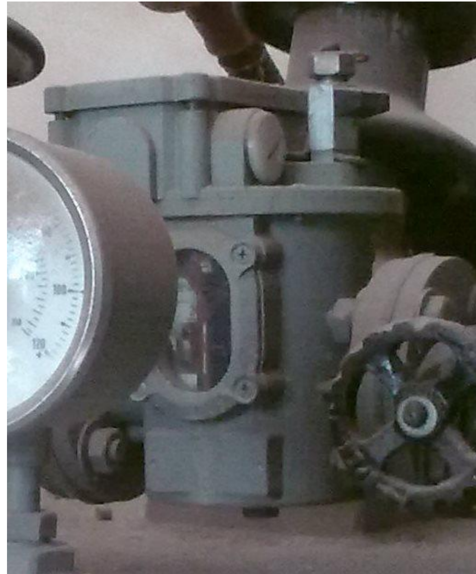
تصنف الملفات حسب شكلها إلى ملفات دائرية ومستطيلة ومربعة، تستخدم الملفات ذات الشكل المستطيل أو المربع في المحولات ذات الاستطاعة الصغيرة والتوتر المنخفض أما الملفات الدائرية فتستخدم حالياً في جميع أنواع المحولات بسبب نقصان مصروف المواد لتجهيز الملف وارتفاع المتانة الكهربائية والميكانيكية.

يبين الشكل (١٧) قلب محولة ٠,٤/٢٠ ك ف


الشكل (١٧) قلب محولة ٠,٤/٢٠ ك ف

- **الأقسام المتممة لمحولة الاستطاعة :**لا تشارك هذه الأقسام في العمليات الكهرومغناطيسية الجارية في المحولة وتكمن أهميتها في ربط أجزاء المحولة المختلفة مع بعضها، أهم هذه الأقسام :

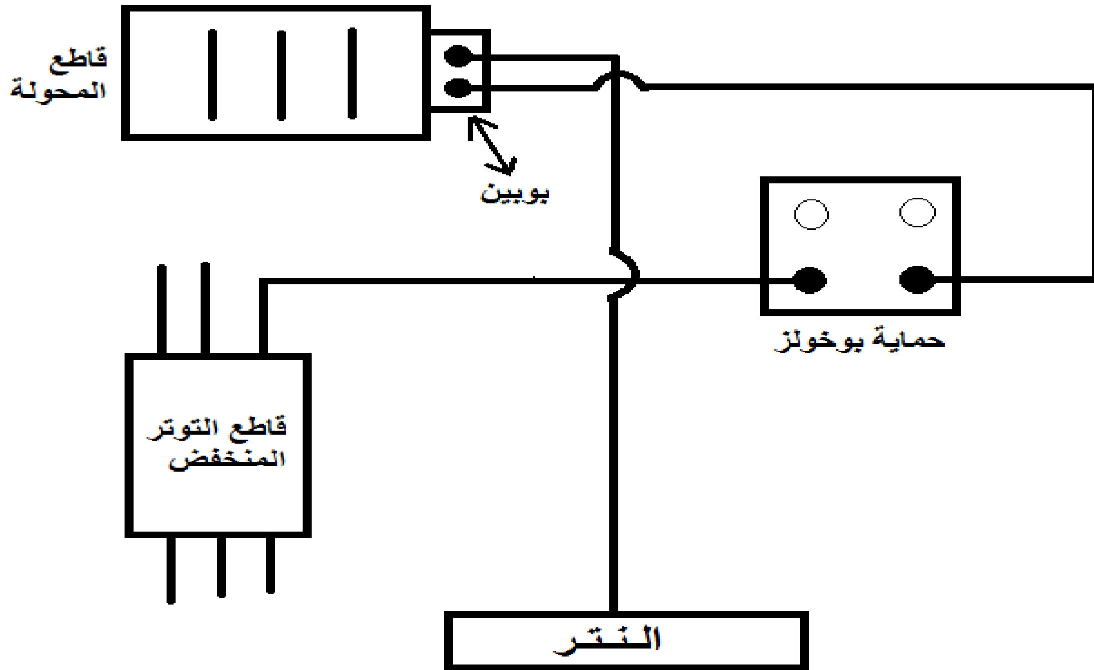
- خزان المحولة : الجسم الخارجي الذي يحمي ملفات المحولة ويحفظ زيتها إن وجد (حيث يوجد محولات ٠,٤/٢٠ ك ف تعتمد على التبريد الهوائي تكون ملفاتها مكشوفة و لكنها لم تستخدم في الشبكة الكهربائية السورية بعد). يعمل زيت المحولة على امتصاص الحرارة المتولدة بفعل جول ضمن المحولة ونشرها إلى الهواء المحيط عن طريق سطوح التبريد (الزعانف المسطحة) المحيطة بهيكل المحول. يختلف شكل الجسم باختلاف استطاعة المحولة وطريقة تبريدها وتوضعها هذا وتزود المحولات كبيرة الاستطاعة بأنابيب خارجية جانبية موصولة مع جسم المحولة ومتوضعة على طبقة أو طبقتين حسب استطاعة المحولة وغايتها زيادة كمية زيت المحولة لزيادة فعالية التبريد.
- الريليه الغازية (حماية بوخولز): تزوَّد المحولة بحماية غازية تركب بين خزان الزيت والحوض الرئيسي، تقوم هذه الريليه بحماية المحولة وتعمل على مرحلتين عند حدوث قصر بين اللفات الداخلية للمحولة وصدور الغاز الذي يمر عبرها فيقوم بتحريك فواشة تعطي أمر على مرحلتين، أول مرحلة هي إصدار تنبيه مثل صوت أو إضاءة، وثاني مرحلة هي إعطاء قاطع التوتر ٢٠ ك ف أمر فصل المحولة عن الشبكة والشكل (١٨) يبين حماية بوخولز.أضف إلى أن حماية بوخولز متعلقة بالمحولة بغض النظر عن الحمل والشكل (١٩) يبين مخطط توصيل بوخولز. تحتوي حماية بوخولز على عدة تماسات مساعدة تعمل على تشغيل أو فصل قاطع التوتر ٢٠ ك ف، تغذى هذه التماسات من أحد أطوار التغذية على التوتر المنخفض وذلك قبل (فوق) قاطع التغذية لضمان استمرار عمل بوخولز وتستمر الدارة حتى نصل إلى أحد أقطاب تشغيل قاطع ال٢٠ ك ف (بوبين) ويوصل القطب الآخر إلى الحيادي (النتر).



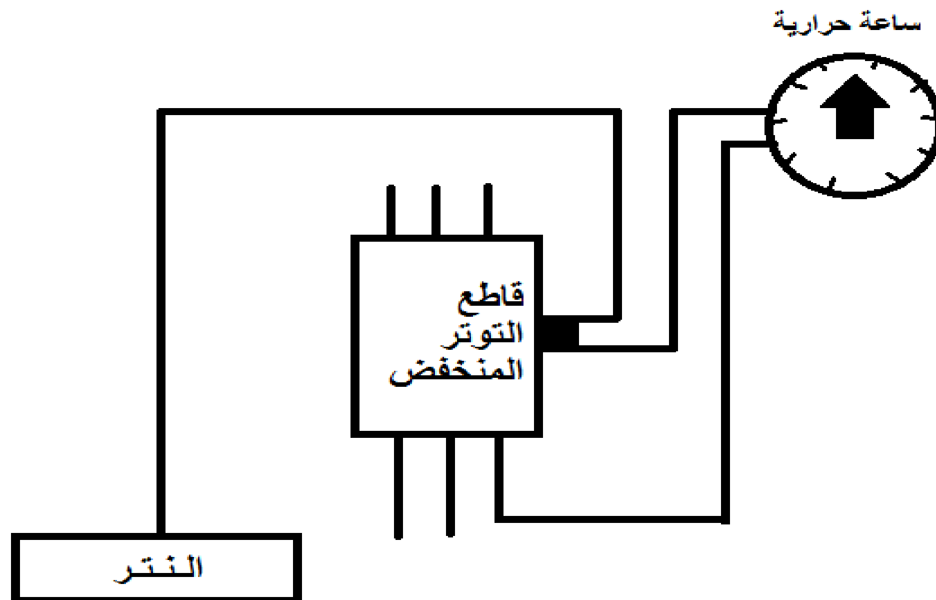
الشكل (١٨) حماية بوخولز

أما الحماية الحرارية فهي متعلقة بالحمل على عكس حماية بوخولز حيث تتكون دارة الحماية الحرارية من ساعة حرارية وتغذية من أسفل (تحت) قاطع المنخفض، توصل التغذية إلى التماس الخاص

بالساعة الحرارية والذي يتم بتوصيل التغذية إلى قطب تشغيل فصل قاطع المنخفض والقطب الآخر يوصل إلى الحيادي (النتر). يبين الشكل (٢٠) مخطط الحماية الحرارية.



الشكل (١٩) - مخطط توصيل حماية بوخولز -



الشكل (٢٠) - مخطط الحماية الحرارية -

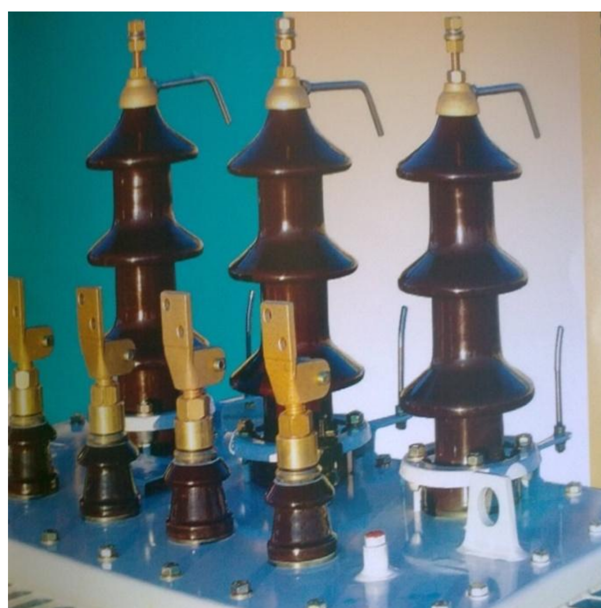
- <u>قرص عيار جهد الخرج (بُرْم المحولة):</u> يوجد على طرف الملف الابتدائي ٢٠ ك ف، ويتم تنظيم التوتر على ملف الجهد العالي بسبب عدد اللفات الكبير والمقطع الأصغر مقارنةً بالملف الثانوي بحيث تكون بنية القرص بسيطة ويتم تبديل البرم على الوضع المناسب عند حالة اللاحمل.

يبين الجدول (٢) الوضعيات التي يمكن أن يأخذها برم المحولة :

POS	HV	LV	SHORT CIRCUIT IMPEDANCE
1	21000	400	6.29
2	20500		
3	20000		
4	19500		
5	19000		

الجدول (٢) الوضعيات التي يأخذها البرم

- عوازل العبور :



الشكل (٢١) العوازل

تصمم العوازل بشكل حلقات غالباً وتتفاوت بأحجامها حسب التوتر، لكنها صممت بهذا الشكل (صفائح دائرية أو أقراص) لزيادة المسار الخاص بانفراغ الكهرباء لأن الكهرباء تسري على السطح فكلما كان السطح أكبر كان أفضل ولعدم توافر عوازل بسطوح كبيرة تم تصنيعها كما في الشكل (٢١) حيث زاد طول المسار الذي تسلكه الكهرباء.

٢ـ٥ مبدأ عمل المحولة الكهربائية : يعتمد مبدأ عمل المحولة على ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي ووفقاً لهذه الظاهرة فإن قيمة القوة المحركة الكهربائية المتولدة في الدارة المغلقة التي تسري بها السيالة المغناطيسية تتناسب مع سرعة تغير السيالة المغناطيسية التي تسري عبر الدارة وذلك حسب قانون فاراداي. أما اتجاه القوة المحركة الكهربائية المتولدة يتحدد بقانون لينز وعليه فإن

التيار المتولد من هذه القوة المحركة الكهربائية يسعى لإعاقة تغير السيالة المغناطيسية التي تغلق مسارها ضمن الدارة. وعلى هذا فإن القوة المحركة الكهربائية المتولدة تعطى بالعلاقة التالية :

$$\overline{e_1} = -N_1 \frac{\overline{d\,\Phi}}{dt} \qquad \bar{e}_2 = -N_2 \frac{\overline{d\,\Phi}}{dt}$$

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث e1 وe2 القيم الفعالة للقوة المحركة الكهربائية في الملفين الابتدائي والثانوي

N1 عدد لفات الملف الابتدائي، N2 عدد لفات الملف الثانوي

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

عندما $N_1 > N_2$ المحولة خافضة للجهد   عندما $N_1 < N_2$ المحولة رافعة للجهد

تبقى الاستطاعة في المحولة بعد إهمال الضياعات تقريباً ثابتة

$$S_1 = S_2 \rightarrow I_1U_1 = I_2U_2$$

نسمي نسبة عدد لفات الملفين الأولي والثانوي بنسبة التحويل ونلاحظ أن نسبة التحويل في المحولة المثالية تساوي نسبة القوتين المحركتين الكهربائيتين لملفي المحولة :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = K$$

تعطى الاستطاعة الظاهرية بالعلاقة التالية :

$$S_n = \sqrt{3} I_n U_n$$

لحساب التيارات في المحولة :

$$I_n = \frac{S_n}{U_n\sqrt{3}}$$

على فرض $U_{n1} = 20kv$ ،$U_{n2} = 0.4\ kv$

يبين الجدول (٣) استطاعة المحولة وتياراتها الاسمية :

الاستطاعة KVA	٢٥	٥٠	١٠٠	٢٠٠	٤٠٠	٦٣٠	١٠٠٠	١٦٠٠
التيار الابتدائي I_{n1}	٠,٧٢	١,٤٤	٢,٨٨	٥,٧٧	١١,٥٤	١٨,٢	٢٨,٨٦	٤٦,١٨
التيار الثانوي I_{n2}	٣٦,٠٨	٧٢,١٦	١٤٤,٣٣	٢٨٨,٦٧	٥٧٧,٣٥	٩١٣	١٤٤٣,٣٧	٢٣٠٩,٤

الجدول (٣) استطاعة المحولة وتياراتها الاسمية

تصنف المحولات بحسب مجال استعمالها إلى :

١- محولات الاستطاعة: وتقسم إلى محولات نقل (في التوترات العالية) ومحولات توزيع (في مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف)
٢- محولات التيار وتستخدم في مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف.
٣- محولات التوتر.
٤- محولات التأريض : تستخدم لإيجاد مسار أرضي في المنظومات غير المؤرضة وتكون على نوعين إما ٠,٤/٦٦ ك ف أو ٠,٤/٢٠ ك ف.

وتصنف من حيث نسبة تحويلها إلى :

١- محولات خافضة للجهد.
٢- محولات رافعة للجهد.

ومن حيث طريقة تبريدها إلى :

١- محولات جافة يتم تبريدها بالهواء الطبيعي وهي ذات استطاعة صغيرة.
٢- محولات مغموسة بالزيت يتم تبريدها بالزيت وتتصف بأخطار الانفجار لهذا تزود بدارات تحكم متقدمة.
٣- محولات يتم تبريدها بغاز سادس فلور الكبريت.

٢-٦ حالات عمل المحولة :

٢-٦-١عمل المحولة على فراغ : عند العمل بدون حمولة أي عندما يكون الملف الأولي موصولاً مع الشبكة والملف الثانوي مفتوحاً وغير موصول مع أية حمولة، في هذه الحالة يكون تيار الملف الثانوي مساوياً للصفر أما الجهد على طرفي الملف الثانوي مساوياً لجهد المحولة على فراغ والتيار الذي تستهلكه هذه المحولة يسمى تيار المحولة على فراغ ونستفيد منه في توليد الفيض المغناطيسي في النواة ولذا يسمى هذا التيار بتيار المغنطة، نسمي العامل الذي يعطي نسبة تيار المحولة على فراغ إلى التيار الاسمي للمحولة بعامل الردية ويتعلق هذا العامل باستطاعة المحولة حيث يتراوح بين ١,٥ – ٢,٥ % في المحولات الكبيرة و١٠ % في المحولات المتوسطة ويصل إلى ٤٠ – ٦٠ % في المحولات الصغيرة.

وتعبر العلاقة التالية عن تيار المغنطة $\rho_0 = \rho_i + \rho_{c1}$حيث:

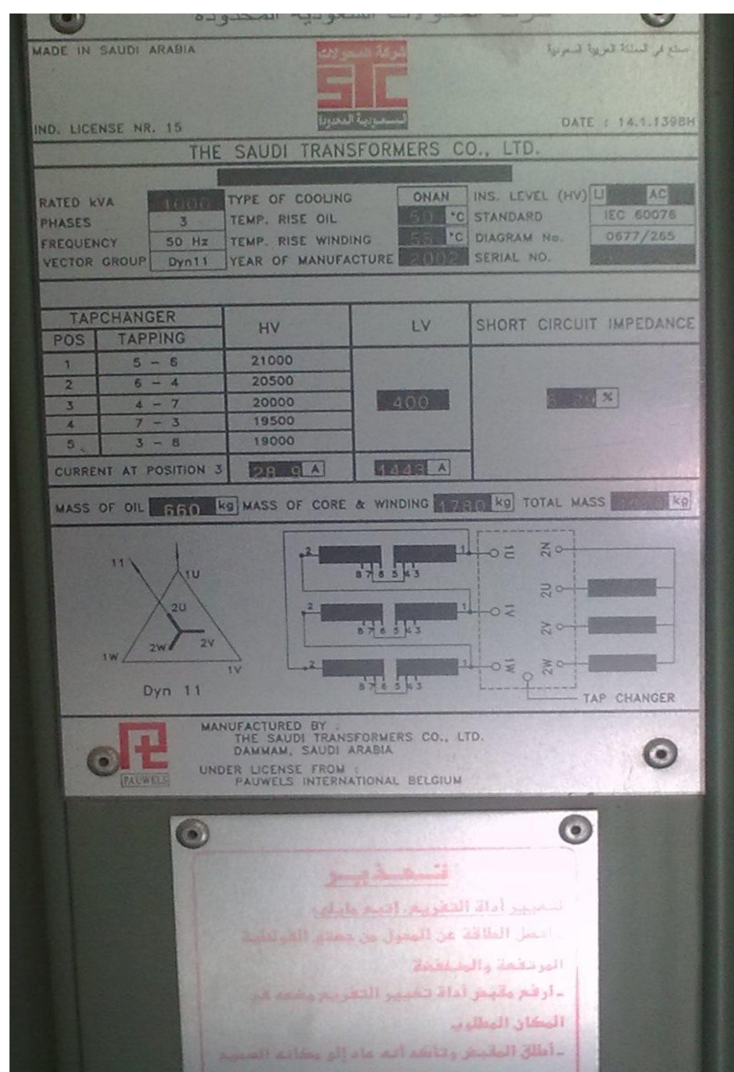
ρ_i تعبر عن الضياعات الحديدية وتقسم إلى ضياعات تباطؤ وضياعات إعصارية.

أما $\rho_{c1} = I^2R$ تعبر عن الضياعات الكهربائي .

٢-٦-٢عمل المحولة على قصر : يقابل ذلك عمل المحولة تحت حمولة لا متناهية في الكبر بحيث يبلغ التيار الثانوي قيماً كبيرة جداً ويتم ذلك عند قصر الدارة الثانوية بمقاومة صفرية أي بسلك عديم المقاومة ويكون الجهد الثانوي مساوياً للصفر والتيارات المارة في الملفين الأولي والثانوي مساوية لتيارات القصر

- **الضياعات :**تستهلك المحولة من الشبكة استطاعة ظاهرية $S_1 = V_1I_1$، يستهلك قسم منها لتغطية الضياعات المختلفة في المحولة ويصل الباقي إلى المستهلك$S_2 = V_2I_2$. تقسم الضياعات في المحولة إلى ضياعات كهربائية تصرف في المحولات وتتعلق بتيار الحمولة لذلك سميت بالضياعات المتغيرة أو الضياعات النحاسية، وإلى ضياعات حديدية (مغناطيسية) تظهر في النواة ولا تتأثر بتيار الحمولة بل بالقوة المحركة الكهربائية ولذا نسميها بالضياعات الثابتة.
- **القيم الاسمية للمحولة :**تسمى القيم الكهربائية للمحولة مثل التيار، التردد، الجهد، الاستطاعة، المقاومات......، التي تعمل عليها المحولة دون أن تؤدي إلى أية زيادة في حرارتها عن الحد المسموح به، بالقيم الاسمية حيث تدون هذه القيم على لوحة خاصة تدعى باللوحة الاسمية كما في الشكل (٢٢) تثبت على جسم المحولة وتتضمن :

- استطاعة المحولة
- نوعية التبريد
- مستوى العزل
- عدد الأطوار
- التردد
- سنة الصنع
- درجة حرارة الزيت
- ارتفاع درجة حرارة الملفات
- رقم المحولة
- شعاع التوصيل
- كتلة الزيت
- كتلة الزيت والملفات
- تنظيم التوتر
- كتلة النواة والملفات
- مخطط التوصيل



الشكل (٢٢) اللوحة الاسمية للمحولة

الجدول (٤) يبين استطاعات المحولة والقواطع الخاصة بكل استطاعة :

استطاعة المحولة	قاطع المحولة
50 KV	75 A
100 KV	160 A
200 KV	400 A
400 KV	630 A
630 KV	1250 A
1000 KV	1600 A

الجدول (٤) استطاعات المحولة والقواطع الموافقة لكل استطاعة

- **تصنف الأعطال التي تعاني منها المحولات إلى :**

١- أعطال خارجية مثل

- ارتفاع التوتر الفجائي بسبب مناورات الشبكة.
- دارة قصر في الشبكة.
- الحمولة الزائدة.

٢- أعطال داخلية مثل

- تدهور نوعية العزل للزيت.
- عوازل الوشائع.
- الاهتزازات غير الطبيعية للدارة المغناطيسية.
- فاقدان الزيت.
- تشققات العوازل.
- دارة قصر بين الوشائع والهيكل المعدني.

حماية المحولات من الأعطال الداخلية : تكون عن طريق حماية بوخولز التي تركب بين خزان تمدد الزيت وجسم المحولة وتعطي أمر لفصل القاطع.

حماية المحولات ضد زيادة الحمل :عن طريق الحماية الحرارية وعن طريق قاطع التوتر المنخفض.
يستخدم قاطع ٢٠ ك ف مع منصهرات لإتمام عملية فصل المحولة لإجراء الصيانة وفصلها أثناء حدوث عطل داخلي ضمن المحولة.

٢-٤-٣ حجرة قاطع التوتر المنخفض ولوحة توزيع المنخفض



الشكل (٢٣- أ) البارات والفيزيبات



الشكل (٢٣- ب) قاطع التوتر المنخفض

- تتضمن هذه الحجرة لوحة توزيع التوتر المنخفض والتي تحوي :
  - قاطع التوتر المنخفض كما في الشكل (٢٣- ب).
  - البارات.
  - المنصهرات كما في الشكل (٢٣- أ).
  - أجهزة القياس (توتر، تيار، تردد....).
  - عدادات القدرة (عداد العد العام ويحتاج لمحولة شدة، وعداد الإنارة ولا يحتاج لمحولة شدة)، بشكل عام تكون العدادت إما ميكانيكية (ردي أو فعلي) أو الكترونية تقيس الردي والفعلي معاً.
- يجب الانتباه عند فصل ووصل القاطع بالوقوف على يساره وفصله باليد اليمنى وعدم الوقوف أمامه حرصاً على سلامة العامل من أي حادث قد يحدث.
- للقاطع وضعية تسمى الفصل القهري عندما تتوضع ذراعه في المنتصف كما في الشكل (٢٤- ب) وهذا يعني أنه يوجد عطل في الشبكة أما عندما يغلق القاطع للأسفل (يدوياً) كما في الشكل (٢٤- أ) فإنه يُمنع إعادة التيار الكهربائي لأن القاطع مفصول فصل يد ويوجد عمال على الخط ولا يحق لأي كان أن يعيد وصل القاطع إلا بتكليف لحماية العمال وسلامة المنشأة.



الشكل(٢٤- أ) فصل عادي



الشكل (٢٤- ب) فصل قهري

- يمكن تعيير القاطع كحماية حرارية من زيادة الحمل وفق نسبة جزئية من التيار الاسمي ٠,٥ – ٠,٦ – ٠,٧ – ٠,٨- ١،أو كحماية مغناطيسية من تيار القصر حيث تكون قيمة التيار المغناطيسي المثلى من ٣ – ٦ أمثال التيار الاسمي.يظهر الشكل (٢٥) عيارات القاطع.



الشكل (٢٥) عيارات القاطع

- يقاس زمن فصل القاطع بالثواني وأجزائها. إن منحني القطع للقواطع الآلية لوغاريتمي، هذا ويمكن التحكم بزمن الفصل وتعييره مما يجعل القاطع هنا قاطع عياري يتم التحكم من خلاله بالتيار وزمن الفصل.
- الغاية الأساسية من التحكم بالزمن الحماية والانتقائية.. ولكن ما هي الانتقائية ؟ إنها مفهوم يشرح كيفية فصل العنصر (أو جزء الدارة) الذي حصل فيه العطل فقط بدون أن تفصل بقية التجهيزات.
- توصل بعد القاطع محولات الشدة التي تحول التيار (تخفضه) وتعطي تيار خرج قيمته ٥ أمبير والتي تظهر في الشكل (٢٦).



الشكل (٢٦) محولة الشدة

ولمحولات الشدة عيارات تختلف حسب الاستطاعة ويظهر الجدول (٥) هذه العيارات وفق الاستطاعة المناسبة.

الاستطاعة	عيار محولة الشدة
100 KVA	150/5 A
200 KVA	300/5 A
400 KVA	600/5 A
630 KVA	1000/5 A
1000 KVA	1500/5 A

الجدول (٥) عيارات محولات الشدة

- تخرج من القاطع العياري ثلاث بارات كما يظهر في الشكل (٢٧)



الشكل (٢٧) البارات

- يتم نقل الطاقة من لوحة توزيع التوتر المنخفض إلى الشبكة عن طريق كابلات التوتر المنخفض - حيث يأخذ كل كبل فازاته من البارات الثلاثة (كل فاز من بار) - إما على برج هوائي أو إلى علبة أرضية ويحدد عدد هذه الكابلات حسب استطاعة المحولة وحسب الحمل.
- وتأتي الكابلات بعدة مقاسات لمقاطعها (١-١,٥-٢-٢,٥-٣-٤-٦-١٠-١٦-٢٥-٣٥-٥٠-٧٠-٩٥-١٢٠-١٥٠-١٨٥-٢٤٠-٣٠٠-٥٠٠) ميليمتر مربع، والكابلات الأكثر استخداماً في مراكز التحويل على طرف التوتر المنخفض هي ذات المقاطع (١٨٥ – ٢٤٠ – ٣٠٠) ميليمتر مربع كما يظهر في الشكل (٢٨) .



الشكل (٢٨) الكابلات المستخدمة

- **أجهزة القطع والحماية على التوتر ٠,٤ ك ف :**

- المنصهرات :هي أقدم وأبسط أجهزة الحماية حيث يتألف عنصر الحماية فيها من سلك معدني رفيع قابل للانصهار (نحاس – ألمنيوم – فضة) تتحدد نوعيته وأبعاده حسب عيار التيار الاسمي للفاصمة، تتميز برخص كلفتها واستطاعة القطع الكبيرة جداً بالمقارنة مع القواطع الآلية. تستخدم الفواصم لحماية النواقل والكابلات من التيار الزائد الناتج عن التحميل وعن الدارة القصيرة وهي مصممة لتفصل عند تيار اسمي محدد ولها عيارات وقواعد خاصة وقياسات مختلفة كما في الشكل(٢٩- أ)، وبداخلها شريط نحاسي محاط بالرمل للتبريد كما في الشكل (٢٩- ب).

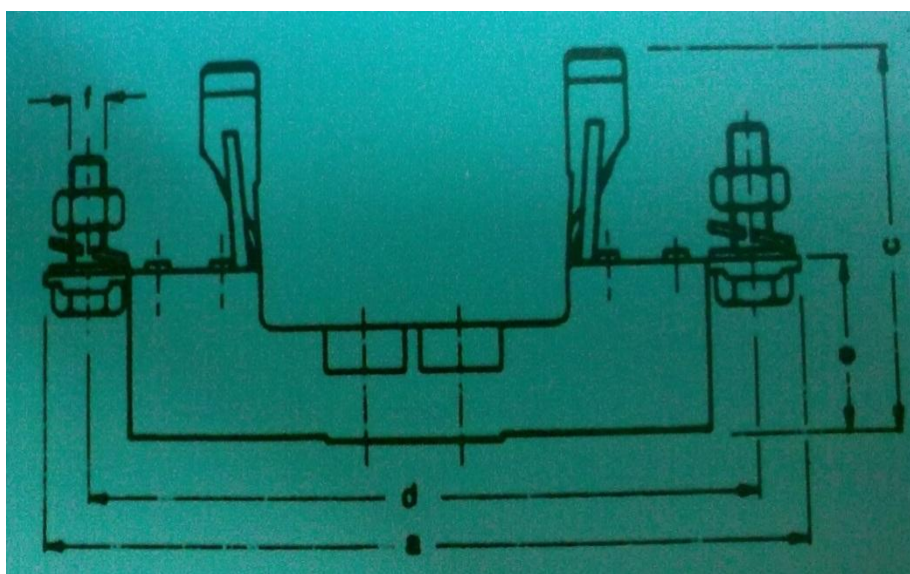


الشكل (٢٩- أ) قواعد المنصهرات



الشكل (٢٩- ب) قلب المنصهرة

يبين الشكل (٣٠) أبعاد قواعد المنصهرات وقيمها مدرجة في جدول القياسات (٦) :



الشكل (٣٠) أبعاد قواعد المنصهرات

والجدول (٦) يبين القياسات النظامية للفواصم ذات السكين وأبعاد قواعدها :

النموذج		00	0	1	2	3
التوتر الاسمي (ك ف)		500	500	500	500	500
التيار الاسمي للقاعدة		100	160	250	400	630
التيار الاسمي للمنصهرة (أمبير)		6 10 20 25 35 50 63 ٨٠ 100	63 80 100	80 100 125 200	125 200 300 400	300 400 600
أبعاد قواعد المنصهرات (ميليمتر)	A	132	180	205	225	240
	B	20	25	30	35	35
	C	62	80	91	94	106
	D	113	160	180	200	210
	E	28	40	41	44	47
	F	M8	M8	M10	M10	M12

الجدول (٦) قياسات ومواصفات المنصهرات وقواعدها

- القواطع الآلية : تحوي القواطع الآلية عنصر حماية حرارية (مزدوجة حرارية) للحماية من التيار الزائد الناتج عن زيادة التحميل وعنصر حماية كهرومغناطيسي (ملف) للحماية من التيار الزائد

الناتج عن تيارات القصر وعيار التيار الاسمي لكلا الحمايتين يكون ثابتاً أو قابلاً للعيار وتزود أحياناً الحماية الكهرومغناطيسية بتأخير زمني يفيد في تحقيق الانتقائية.ويتم تعيير القواطع حسب نوع الحمل الذي تقوم بحمايته وتتميز القواطع باستطاعة القطع وهي أكبر تيار يستطيع القاطع فصله دون أن يسبب مروره التصاقاً في تماسات القاطع.

ملاحظـــــة : التوصيل بين طرف التوتر المتوسط ٢٠ ك ف والتوتر المنخفض ٠,٤ ك ف توصيل مثلثي نجمي وذلك لعدة أسباب يُذكر منها على سبيل الذكر لا الحصر :

* الأحمال بطرف المنخفض بحاجة للحيادي ليصل إليها (فاز و نتر).
* إمكانية تزويد المستهلك بتوترين مختلفين لأن التوصيل النجمي يتيح للمستهلك خيارين إما فاز ونتر (٢٢٠ ف) أو فازين (٣٨٠ ف).
* التوصيل النجمي موفر بالعزل أكثر من التوصيل المثلثي.

٢ـ٤ـ٤ لوحة المعوّضات السّـــعوية





الشكل(٣١) لوحة المكثفات و الكونتاكتورات و الفيزيبات

تتألف لوحة المعوضات السعوية من : المكثفات والكونتاكتورات والمنصهرات والمنظم كما في الشكل (٣١)، ويستخدم تعويض الاستطاعة في شركة الكهرباء بشكل مركزي بعد دراسة ومعرفة الاستطاعة الردية علماً أن الاستطاعات هي(١٤٠، ١٦٠، ٢٤٠، ٣٦٠، ٤٨٠) كيلو فار وكل استطاعة يستخدم فيها مراحل جزئية (دخول وخروج حسب حاجة الحمل) وهذه المراحل هي: (١٠، ١٥، ٢٠، ٢٠، ٢٠، ١٥) كيلو فار حيث يتم دخول وخروج المكثفة عن طريق الكونتاكتورات الموصولة بشكل مثلثي.
وظيفة هذه اللوحات تحسين عامل الاستطاعة فكيف يتم ذلك ؟ كل جهاز كهربائي يستجر نوعين من الطاقة، طاقة فعلية يستفاد منها، وطاقة ردية تنشأ من الملفات وبما أن الاستطاعة الردية تنشأ من الملفات وللتخلص من تأثيراتها السلبية نستخدم المكثفات.بحيث يأخذ الحمل الطاقة الردية مرة واحدة من الشبكة وتخزن في المكثف ليتم تبادلها بين المكثف والحمل التحريضي خلال استجرار الطاقة الكهربائية مما يخفف الحمل على القواطع والمحولة والكابلات حيث لا يمر تيار ردي فيها.

الفصل الثالث - صيانة مراكز التحويل

إن هدف الصيانة الدورية والطارئة المحافظة على عمل مراكز التحويل بشكل جيد وتحقيق استمرارية التيار الكهربائي ضمن الشبكة الكهربائية، وتكلفة إجراء الصيانة تتم حسب قانون الاستثمار والتعليمات التنفيذية الخاصة بذلك. وتقسم الصيانة إلى قسمين :

٣-١ الصيانة الدورية :

وهي الصيانة التي تتم بشكل مبرمج وفق خطة زمنية توضع من قبل دائرة صيانة مراكز التحويل وتكون بشكل سنوي أو نصف سنوي وقبل إجراء أي صيانة أو عمل يتم التأكيد على قواعد الأمن الصناعي لحماية العامل والمركز. وتتم الصيانة الدورية من خلال الأمور التالية :

- تفقد عمل القواطع والمحولة.
- تنظيف المركز من الغبار.
- تفقد شد البراغي والوصلات والصواميل.
- إجراء قياسات التوتر والتيار وعامل الاستطاعة.
- تفقد عمل لوحة المعوضات السعوية.
- تبديل رؤوس الكابلات القديمة.
- تفقد الأقفال والأبواب.
- مسح عوازل التوتر المنخفض والمتوسط من الغبار.
- تفقد زيت المحولة وإضافة الزيت إذا لزم الأمر.
- تنظيف القواطع والبارات ضمن المركز.
- قياس حرارة الوصلات والكابلات لأخذ الإجراءات اللازمة.

٣-٢ الصيانة الطارئة :

وهي جميع الإصلاحات الطارئة التي تقوم بها شعبة مراكز التحويل للمحافظة على مراكز التحويل بشكل جيد ويتم الإخبار عن هذه الأعطال من قبل قسم الطوارئ. ويتم إجراء الصيانة الطارئة في موقع العمل أوفي ورشة إصلاح المحولات ويتم فيها تبديل الجزء المصاب أو صيانته إن أمكن. ومن الأعمال التي تتم في موقع العمل :

- تبديل القواطع بشكل كامل أو جزئي.
- إضافة الزيت للمحولة.
- لحام جسم المحولة والمبرد.
- تبديل عوازل المحولة و الجوانات.
- تنظيم التوتر عن طريق مبدل التوتر.

- تبديل الكابلات المحروقة وقواعد المنصهرات ووضع منصهرات عيارية على المنخفض والمتوسط.
- إصلاح لوحة المعوضات السعوية بشكل كامل (منصهرات – قواطع – مكثفات)

٣-٣ الصيانة التي تتم في ورشة إصلاح المحولات فيتم فيها :

- تكرير زيت المحولة وفحصه على جهاز قياس توتر عازلية الزيت.
- إبدال أي جزء معطوب في المحولة (جسم المحولة – خزان التمدد – عوازل – ملف.....).
- فحص المحولة في حالة اللاحمل بعد إجراء الصيانة.
- إصلاح القواطع التي يمكن إصلاحها.

٣-٤ زيت المحولات:

يستخرج زيت المحولات من المشتقات النفطية بحيث يحقق جودة عالية ليستخدم في المحولات والقواطع الكهربائية وأنواع أخرى من المعدات الكهربائية. لتلك الزيوت وظيفتان:
- الأولى التبريد أي نقل الحرارة إلى الوسط المحيط، لكي يقوم الزيت بهذه المهمة بطريقة مناسبة يجب أن يكون في حالة سريان حر بدون ترك رواسب مما يعطى مدة خدمة أكبر مع لزوجة أقل ومقاومة جيدة ضد الأكسدة وتكوين رواسب (شوائب).
- أما الوظيفة الكهربية لزيوت العزل هي العزل الكهربي مما يمنع حدوث شرارة (قوس كهربي) بين موصلين لهما فرق جهد متوسط أو عالي.

عند استخدام زيوت المحولات يجب مراعاة الأمور التالية:

١- فحص عينة من الزيت قبل تفريغه من المحولة.
٢- أن تكون خزانات الزيت والأنابيب التي ينقل بها وكل التجهيزات التي تستخدم مخصصة لهذا الزيت ولا يسمح بملئها بالماء أو أي سائل آخر.
٣- لا يجوز خلط الزيت الجديد بزيت مستخدم ومعاد تكريره.
٤- وضع خزانات الزيت تحت غطاء بالظل بحيث لا تتعرض للشمس.
٥- التأكد من نظافة المحولة وجفافها قبل ملئها بالزيت.
٦- إجراء فحص دوري لعينات من الزيت الموضوع في الخدمة.

٣-٥ الخصائص التشغيلية لزيت المحولة:

١- يجب أن يكون زيت المحولة مقاوم للتأكسد عند درجات حرارة الوسط المحيط ودرجة حرارة عمل المحولة.
٢- يجب أن تكون لزوجة الزيت قليلة ودرجة انسكابه مرتفعة عند درجات الحرارة العادية ودرجات حرارة العمل.
٣- يجب أن تكون عازلية الزيت الكهربائية مناسبة للتوترات التي يستخدم الزيت فيها وتحدد عازلية الزيت بالمقاومة الكهربائية بين سطحين متقابلين من مكعب طول ضلعه ١ سم من الزيت.
٤- يجب أن يكون الزيت نظيفاً لا يحوي رواسب ومواد عالقة ويكون جافاً من الماء.
٥- يجب أن تكون درجة وميض الزيت (وهي درجة حرارة اشتعال بخار الزيت عند الضغط الجوي) مناسبة لظروف الزيت التشغيلية.

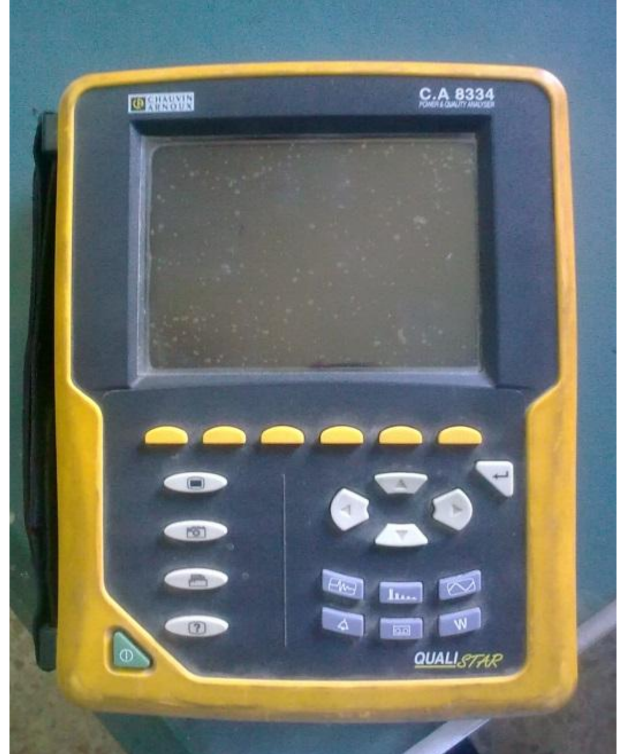
الفصل الرابــــــــع

تحليل بيانات الشـــــــبكة الكهربائية وطرق تخفيض فاقد الطاقة الكهربائية في مراكز التحويل

٤-١ تحليل البيانات : يتم إجراء تحليل الشبكة التي تقوم المحولة بتغذيتها من خلال تركيب جهاز تحليل شبكة خاص بقياس التيارات والتوترات على كل طور وحساب الاستطاعات وعامل الاستطاعة والتوافقيات،فعند إجراء القياسات الكهربائية وجمع البيانات ورسم منحنياتها وتحليل هذه النتائج يمكن تحديد كثير من المشاكل التي قد تكون آثارها ملموسة أو غير ملموسة بشكل مباشر والسعي لإيجاد الحلول المناسبة. يتم اللجوء لإجراء تحليل بيانات الشبكة الكهربائية في حالات كثيرة أهمها:

- حساب الفاقد (بشقيه الفني والتجاري).
- دراسة هبوط التوتر.
- دراسة تحسين عامل الاستطاعة وتصميم لوحات المكثفات.
- دراسة التوافقيات واختيار المرشحات المناسبة.

يبين الشكلان (٣٢- أ) و(٣٢- ب) جهاز تحليل الشبكة الموجود لدى دائرة حفظ الطاقة في مديرية التخطيط والإحصاء وطريقة توصيله مع المحولة في مركز التحويل الأرضي.



الشكل (٣٢- أ) جهاز تحليل الشبكة



الشكل (٣٢- ب) توصيل الجهاز عملياً

٤-٢ فاقد الطاقة الكهربائية :

يعرف فاقد الطاقة الكهربائية بأنه الفرق بين الطاقة الكهربائية المعدة للاستهلاك (في محطات التوليد) وبين الطاقة الكهربائية المباعة (التي يصدر بها فواتير) والتي يتم رصدها بواسطة العدادات

أنواع الفاقد :

- **الفاقد الفني :** ويتمثل هذا الفاقد بالطاقة الكهربائية المستهلكة في عناصر الشبكة العامة من خطوط ومحولات ومفاعلات ومكثفات وأجهزة التحكم والحماية والقياس وذلك خلال عمليات نقل وتحويل وتوزيع الطاقة الكهربائية.
- **الفاقد التجاري :** وهو حاصل الفرق بين الفاقد الإجمالي على الشبكة العامة وبين الفاقد الفني وهو ناتج عن التجاوزات غير المشروعة على الشبكة وأخطاء العدادات.

٤-٣ طرق تخفيض الفاقد في مراكز التحويل :

- إنشاء مراكز تحويل وتقصير أطوال شبكة التوتر المنخفض ما أمكن، واستخدام مقاطع الشبكات المناسبة للحمل المستجر.
- تنظيف العوازل باستمرار مما يخفف تيارات التسريب.
- تبديل الكابلات المعطوبة أو رؤوس الكابلات.
- شد البراغي والصواميل والوصلات بين البارات والكابلات وكؤوس المحولات بشكل محكم كي لا يحصل أي تخلخل قد يؤدي إلى حدوث شرارات تؤدي إلى فاقد في الطاقة الكهربائية.
- قياس درجات حرارة عند الوصلات باستمرار لأن نقاط التسريب الموضعي يحدث فيها ارتفاع لدرجات الحرارة ويمكن إجراء هذه القياسات بمقاييس حرارة تعمل عن بعد بدون تلامس مع نقطة القياس بالاعتماد على الأشعة تحت الحمراء.
- الصيانة الدورية لمراكز التحويل.
- تحقيق توازن الفازات بتوزيع الأحمال بشكل متساو ما أمكن على الأطوار الثلاثة سواء على خطوط المنخفض أو على لوحة التوزيع.

الفصل الخامــس

تأريض مراكز التحويل (الأرضية والهوائية)

٥-١ مقدّمــــــــــة : يعتبر التأريض في النظم الكهربائية أحد الوسائل الفعالة المستخدمة في تحقيق سلامة الأشخاص وحماية الأجهزة والمعدات الكهربائية. يوجد نوعان رئيسيان للتأريض في نظام القدرة هما :

- **تأريض النظام (تأريض التشغيل) :** أي وصل نقاط من نظام القدرة بشكل مقصود بالأرض مثل تأريض نقطة الحيادي لمحولة (أي تأريض نقطة النجم). يعتبر هذا النوع من التأريض بالغ الأهمية لأنه يعتبر المسلك الذي يغلق الدارة الكهربائية للأحمال وله تأثير كبير على أداء نظام القدرة في حالات الأعطال وفي مجال الاستقرار والحماية.
- **تأريض واقي (تأريض الحماية) :** يقصد به ربط القطع والكتل المعدنية المعزولة عن الشبكة (التي يخشى أن تتكهرب بصورة مفاجئة بسبب حادث أو عطل) بواسطة ناقل يسمى ناقل التأريض والغاية من ذلك إزالة الخطر الناتج عن ارتفاع توتر هذه القطع المعدنية بالنسبة للأرض بهدف حماية التجهيزات والعاملين، إضافة إلى تفريغ التجهيزات المعزولة من الشحنات الكهربائية الساكنة التي يمكن أن تُشحن بها بفعل الحقول الكهربائية.

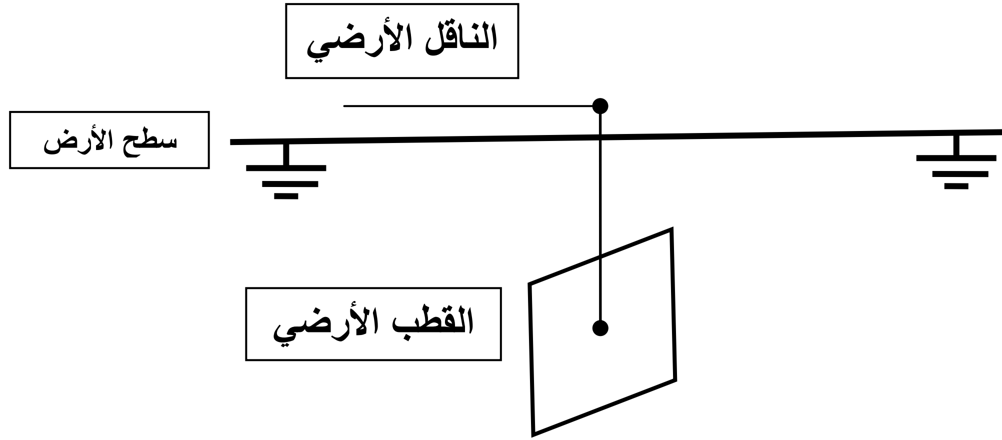
وتتعلق مقاومة التأريض بشكل رئيسي بنوع قطب التأريض (أي القسم المطمور منه في التربة من نظام التأريض) وبنوعية التربة.وكلما كانت مقاومة التأريض أقل كلما كان التأريض أكثر أماناً وفعالية. وفي الحالات التي يصعب فيها تحقيق مقاومة تأريض مرغوبة يلجأ إلى طرق مختلفة لتخفيضها مثل :

١- استخدام مجموعة أوتاد تربط على التفرع.
٢- إدخال الوتد إلى أعماق أكثر في التربة.
٣- معالجة كيميائية للتربة (باستبدالها بتربة زراعية ناعمة أو إضافة مواد كملح الطعام أو سلفات المغنيزيوم ضمن خندق دائري يحيط بالأرضي بقطر وسطي ١م على أن لا تكون هذه المواد بتماس مباشر مع الوتد).
٤- استخدام صفائح بدلاً من الأوتاد كما في الشكل (٣٣) على أن تكون الصفيحة مصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ، لها شكل مربع طول ضلعها ١م تطمر عامودياً في التربة بحيث تكون حافتها العليا على عمق ١م من سطح الأرض، تردم الحفرة بتراب ناعم وجيد الناقلية ويحظر استخدام الفحم في تغطية سطح اللوحة وينصح بترطيبها من وقت لآخر وتحسب مقاومة نظام التأريض من العلاقة العملية التالية :

$$R = \rho/4.5 \times B$$

حيث ρ المقاومة النوعية للتربة (أوم – متر)

B طول ضلع الصفيحة (متر)



الشكل (٣٣) التأريض باستخدام الصفائح

٥-٢ التأريض في مراكز التحويل (٠,٤/٢٠ ك ف) :

يطبق في كل مركز تحويل ٠,٤/٢٠ ك ف أنواع التأريض الأساسية التالية :

- تأريض جميع الهياكل المعدنية للمركز ويدخل ضمن ذلك :
  - قاعدة التجهيزات الكهربائية المتوسطة التوتر.
  - كتل الدارات المتوسطة التوتر والمنخفضة التوتر.
  - أبواب الخلايا وسكاكين التأريض.
  - الهيكل المعدني للمحولة.
  - أقطاب التأريض في محولات القياس للتوتر المنخفض.
- تأريض الخط الحيادي للمحولة (النقطة النجمية).
- تأريض قرون التفريغ ومفرغات الصواعق (إن وجدت).
- تأريض التجهيزات التي تغذيها المحولة.

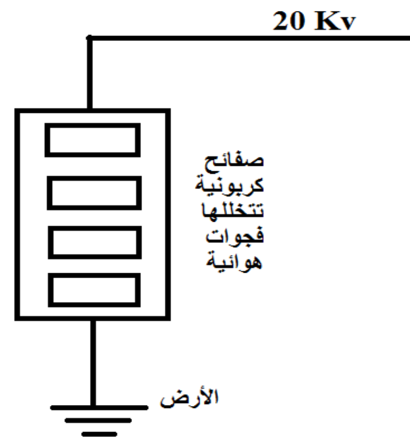
٥-٣ تأريض مركز التحويل الهوائي :

يتم في هذا المركز تنفيذ نظامين منفصلين من التأريض، بحيث يتم تركيب أرضي الحماية عند مركز التحويل وتوصل إليه كافة الأجزاء المعدنية في المركز بما فيها الهيكل الخارجي، ويتم عزل حيادي نقطة النجم عن الهيكل واللوحة. أما أرضي التشغيل الذي يحافظ على استقرار التوتر فيتم تركيبه على مسافة لا تقل عن ٢٠ متر عن مركز التحويل الهوائي أو أي جزء من أرضي الحماية ويربط إلى الخط الحيادي في الشبكة. يجب ألا تزيد مقاومة مؤرض الحماية عن ٢ أوم ومؤرض التشغيل عن ٥ أوم.

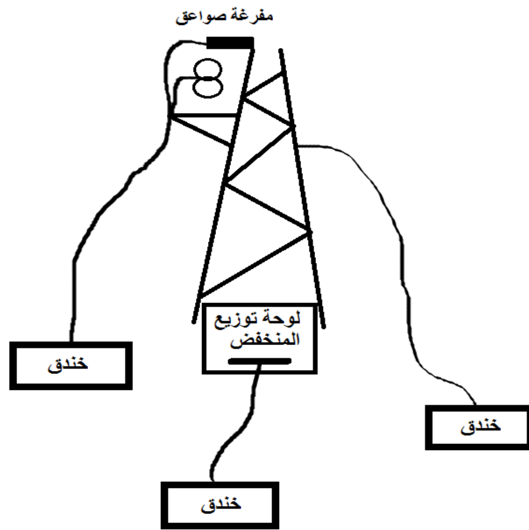
باختصار لتأريض أي مركز تحويل الهوائي يتبع ما يلي :

- تأريض مانعات (مفرغات) الصواعق مع جسم المحولة.
- تأريض البرج الحديدي.
- تأريض النتر (حيادي نقطة النجم) ضمن لوحة التوزيع المنخفض.

يبين الشكل (٣٤- ب) طريقة التأريض، كما يبين الشكل (٣٤- أ) آلية التفريغ أو التأريض حيث توصل مانعة الصواعق مع خط ال٢٠ ك ف من جهة ومع الأرض من جهة أخرى من خلال صفائح كربونية توضع قبل المحولة وتتخلل هذه الصفائح فجوات هوائية، أمام التوتر ٢٠ ك ف تكون هذه الصفائح بمثابة عازل مقاومته عالية لا نهائية، وأمام موجة البرق أو الصاعقة ينصهر (ينهار) هذا العازل ليصبح ناقل ذو مقاومة صغيرة تمر الصاعقة عبره وبذلك يتم تفريغها في الأرض من خلال هذا الناقل.



الشكل (٣٤-أ) آلية تفريغ الصواعق -

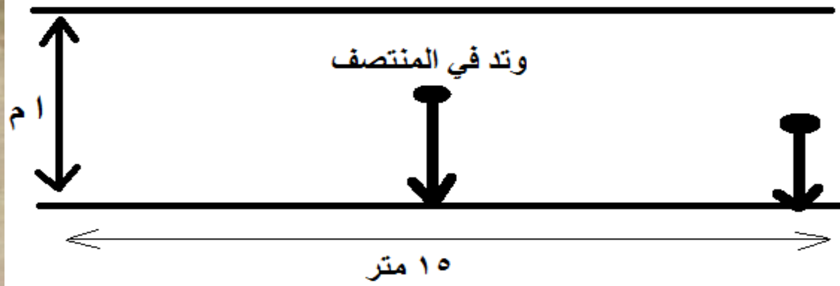


الشكل (٣٤-ب) طريقة تأريض مركز التحويل الهوائي -

يتم التأريض في خنادق لها المواصفات التالية :

* طول خندق التأريض ١٥ متر
* العمق لا يقل عن ١ متر
* العرض ٤٠ سم
* المسافة بين خندقين ٣ متر على الأقل
* كلما زادت المسافة بين خندق التشغيل وخنادق الحماية تزداد فعالية أنظمة التأريض.

يبين الشكل (٣٥) الخندق وتوزع أوتاد التأريض فيه



الشكل (٣٥) الخندق و توزع أوتاد التأريض فيه .

٥-٤ التأريض في مراكز التحويل الأرضية :

في مراكز التحويل الأرضية توجد ثلاثة أنظمة تأريض أساسية وهي :

- تأريض كبلات ٢٠ ك ف.
- تأريض هياكل المحولة ولوحة التوزيع.
- تأريض النتر (حيادي نقطة النجم).

آلية التأريض في هذه المراكز :

* أثناء إنشاء أي مركز تحويل أرضي يتم حفر خنادق أو قساطل تحت البناء من طرفي التوتر المتوسط والمنخفض ففي طرف ال ٢٠ ك ف، تحت الأرض توجد ثلاثة قساطل لتمرير الكابلات وقسطل لسحب أمراس التأريض وممنوع تمرير الكابلات في هذا القسطل وكذلك الأمر في طرف المنخفض يوجد قسطل لسحب أمراس التأريض على عمق ٨٠ سم.
* توضع ثلاثة أوتاد تأريض في كل قسطل وتدق جيداً في عمق الأرض.
* يبين الشكل (٣٦) الوتد المستخدم في عملية التأريض.
* أما مقاومة الأرضي يجب أن تكون أقل من ٥ أوم وإذا كانت أكبر يجب زيادة طول الوتد أو عدد الأوتاد فيتحسن التأريض بذلك.



الشكل (٣٦) وتد التأريض

الخاتمـــــــــــــــــــــــــــــة

بتضافر الجهود المبذولة من قبل ذوي الخبرة والكفاءة في هذا المجال ووفق الإمكانيات المتاحة وضمن جدول زمني محدود تم إنجاز هذا البحث وتم فيه ما يلي :

* التعرف بشكل مختصر على المنظومة الكهربائية بدءاً من التوليد وصولاً للمستهلك.
* تسليط الضوء بشكل مفصّل على مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف وأنواعها وتجهيزاتها.
* إيضاح الأعطال التي تواجهها هذه المراكز والتنويه للإجراءات المتبعة لصيانتها.
* التطرّق لموضوع تحليل بيانات الشبكة لما له من أهمية بالغة في معرفة المشاكل التي تواجه المنظومة الكهربائية.
* التعريج على موضوع فاقد الطاقة الكهربائية وكيفية تخفيضه في مراكز التحويل ٠,٤/٢٠ ك ف.
* شرح آلية تأريض مراكز التحويل (الهوائية والأرضية) بشكل مختصر.

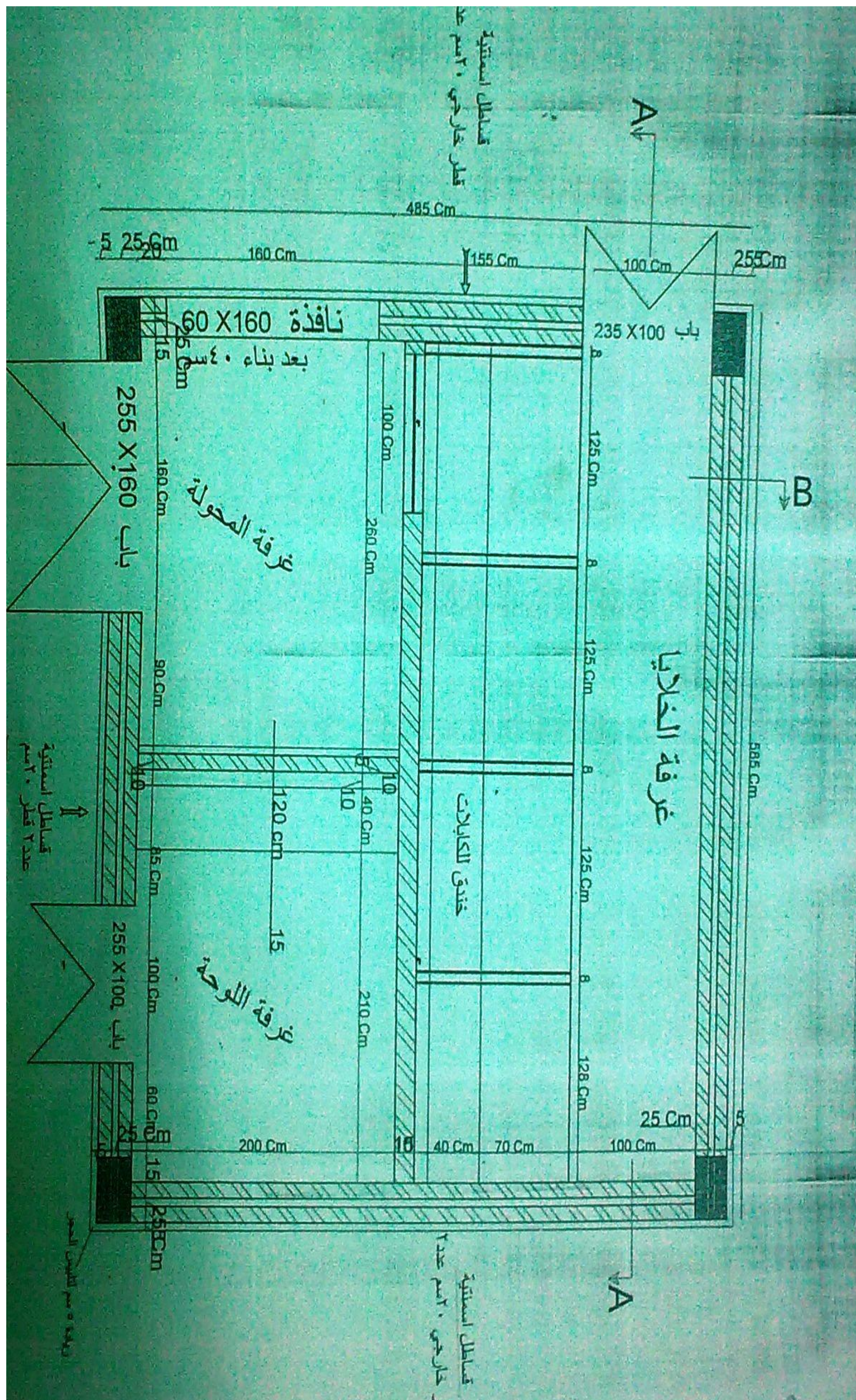
يُرجى أن يحقق هذا البحث - بشرحه المبسّط - الفائدة المرجوة منه.

وجزيل الشكر لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث المتواضع ....

المراجـــــــــــــــع

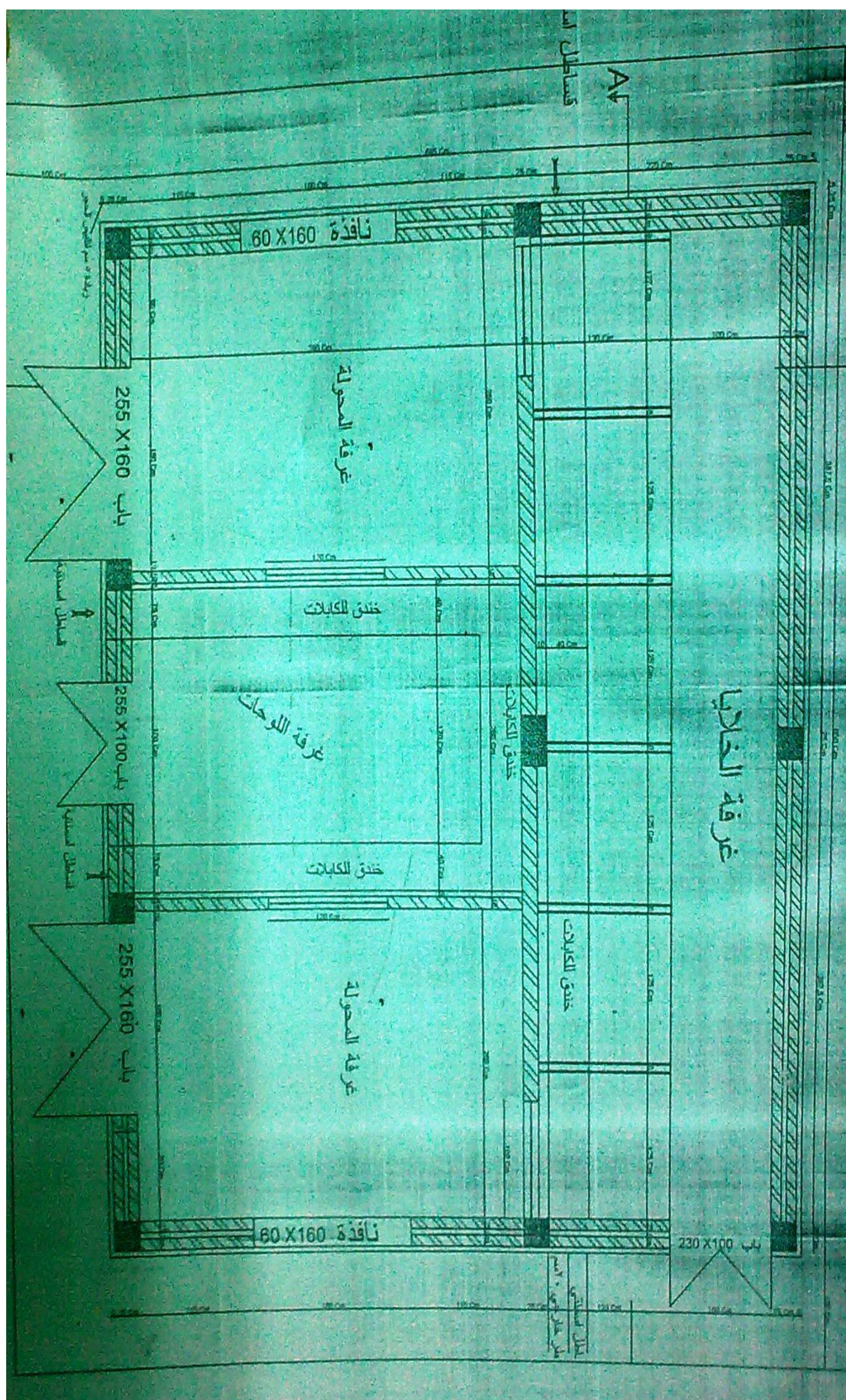
* محاضرة نظرية للمهندس محمد قسوم السليمان.
* محاضرة نظرية للمهندس نزيه العلي.
* محاضرة نظرية للمهندس مدحت ونوس.
* كتاب المحولات للمهندس عبد المطلب أبو سيف.
* دليل المهندس الكهربائي للمهندس صبر الشعباني.
* كتاب نظم القدرة-٢- للدكتور علي حمزة.

ملحق -١-



غرفة الخلايا
خندق الكابلات
غرفة المحولة
غرفة اللوحة
نافذة 60 X160
بعد بناء ٤٠سم
باب 235 X100
باب 255 X160
باب 255 X100
485 Cm
160 Cm
155 Cm
100 Cm
255Cm
260 Cm
210 Cm
125 Cm
128 Cm
585 Cm
120 cm
200 Cm
40 Cm
70 Cm
25 Cm
A
B

ملحق -٢-


نافذة 60X160
باب 255X160
غرفة المحولة
خندق للكابلات
غرفة اللوحات
باب 255X100
خندق للكابلات
غرفة المحولة
باب 255X160
نافذة 60X160
خندق الكابلات
غرفة الخلايا
باب 230X100